



UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Priscila Júnia Rodrigues da Cruz

**FLUXO DE TECIDOS, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS
SOB SOMBREAMENTOS**

Diamantina

2019

Priscila Júnia Rodrigues da Cruz

**FLUXO DE TECIDOS, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS
SOB SOMBREAMENTOS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Vitória Santos

Co-orientadoras: Prof^a. Dr^a. Janaína Azevedo
Martuscello

Prof^a. Dr^a. Marcela Azevedo Magalhães

**Diamantina
2019**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C957f

Cruz, Priscila Júnia Rodrigues da

Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob
sombreamentos / Priscila Júnia Rodrigues da Cruz, 2019.

93 p. : il.

Orientadora: Márcia Vitória Santos

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia)
- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,
Diamantina, 2019.

1. *Arachis pintoï*. 2. *Brachiaria* spp. 3. Interceptação luminosa.
4. Intensidade luminosa. 5. *Macrotyloma axillare*. I. Santos, Márcia
Vitória. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 633.3

PRISCILA JÚNIA RODRIGUES DA CRUZ

**FLUXO DE TECIDOS, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE PLANTAS
FORRAGEIRAS SOB SOMBREAMENTOS**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM ZOOTECNIA, nível
de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRA EM ZOOTECNIA

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Márcia
Vitória Santos

Co-orientadora: Prof. Dr. Janaina
Azevedo Martuscello

Data da aprovação : 15/02/2019



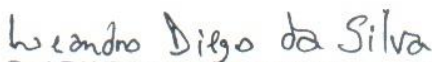
Prof.Dr.ª MÁRCIA VITÓRIA SANTOS - UFVJM



Prof.Dr.ª JANAINA AZEVEDO MARTUSCELLO - UFSJ



Prof.Dr.ª MARCELA AZEVEDO MAGALHÃES - UFVJM



Dr. LEANDRO DIEGO DA SILVA - UFVJM



Prof. DILERMANDO MIRANDA DA FONSECA - UFV

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Paulo e Clarice por me ensinarem valores que eu não aprenderia na faculdade, por todo amor e apoio que me ofereceram durante todo esse tempo.

Aos meus irmãos, Ana Carolina, Gelberth e Júnio pelo incentivo e exemplos (bons ou ruins) que recebi, eles são os formadores da minha personalidade

Aos meus sobrinhos, Thales, Paulinho e Sofia que são a razão por eu nunca ter desistido frente às dificuldades.

Ao Gabriel Dallago, meu melhor amigo que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.

Agradeço a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao Departamento de Zootecnia (DZO) por proporcionarem grandes ensinamentos, amizades e ótimos momentos ao longo dessa trajetória. Aos funcionários, técnicos, professores e pós-doutorandos do DZO e da FCA, em especial à Elisângela, Zarinha, Geraldo, Xavier e Leandro pela amizade e por sempre estarem presentes em todos os momentos e me socorrem no desespero.

Agradeço à minha orientadora Márcia, por toda a orientação durante graduação e mestrado, pela amizade, conselhos e (quase) sempre pela paciência. Às minhas co-orientadoras Marcela e Janaína por todo o auxílio e sugestões durante a execução e escrita desse projeto.

Agradeço ao Núcleo de Estudos em Sistemas Agroflorestais (NESAF's) por terem me auxiliado na execução do projeto, pela amizade e companheirismo. Em especial à Brenda, Alex, Aninha e Vitória por estarem sempre disponíveis e dispostos a ajudar em todas as coletas e avaliações. Agradeço também ao Núcleo de Estudos em Forragicultura (NEF), que me proporcionou valiosos ensinamentos sobre a extensão rural e pela amizade.

Agradeço imensamente à professora Suelleng Soares do curso de Odontologia da UFVJM pelo tratamento, respeito e carinho que recebi em todas as turmas de traumatologia.

Finalmente, agradeço aos meus amigos da graduação, pós-graduação e professores do DZO, por tornarem o mestrado mais leve e por encherem meus dias com litros de café e risadas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O presente estudo foi proposto com o objetivo de avaliar o efeito do sombreamento artificial (0, 30, 45 e 75%) nas características morfogênicas e estruturais, na produção de massa seca total, porcentagem de componentes morfológicos, altura do dossel e fisiologia de três gramíneas (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno, *Panicum maximum* cv. Zuri, *P.* spp. cv. Tamani) e duas leguminosas forrageiras (*Macrotyloma axillare* cv. Java e *Arachis pintoi* cv. Amarillo), durante duas estações do ano (outono/inverno e primavera/verão) em Diamantina-MG. As forrageiras foram avaliadas no período de maio de 2017 a maio de 2018. Foram marcados seis perfilhos ou ramificações em cada sub-parcela e esses foram avaliados duas vezes por semana durante um ciclo de avaliação em cada estação do ano, até atingir 95% de IL. A cada avaliação foram mensurados o comprimento do pseudocolmo ou caule, comprimento da lâmina foliar, registro de novas folhas surgidas por perfilhos, e verificação das lâminas foliares expandidas e senescentes. Foram determinadas a taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIC), taxa de alongamento do pecíolo para as leguminosas, taxa de senescência foliar (TSF), filocrono (FILOC), número de folhas vivas (NFV), tamanho final da lâmina foliar (CFLF), tamanho final do pseudocolmo (TFC), duração da vida da folha (DVF), índice de área foliar (IAF), duração média do ciclo (DMC) e número total de ciclos (NTC). No dia do corte foi determinada a altura do dossel. Foram realizadas leituras da relação vermelho:vermelho distante (V:Ve), teores de clorofila *a* e *b*, taxa fotossintética (*A*), taxa respiratória (*E*), condutância estomática (*gs*), temperatura da folha (*TFol*) e eficiência do uso da água (*EUA*). Amostras foram coletadas para determinação da composição morfológica e perfilhamento. O capim-mavuno manteve constante o IAF nos diferentes sombreamentos, sofrendo efeito apenas da estação do ano para as características morfogênicas. Plantas de BRZ Zuri apresentaram redução no fluxo de tecidos durante a estação outono/inverno, pronunciando o efeito da redução da radiação e aumentando a DMC. O BRS Tamani apresentou grande capacidade de adaptação aos níveis de sombreamento e pouca influência da estação do ano. A redução da temperatura e radiação durante a estação outono/inverno ocasionou a morte da leguminosa macrotiloma independente do sombreamento. O amendoim-forrageiro foi influenciado pela estação do ano, apresentando grande adaptação a ambientes sombreados. O sombreamento artificial não alterou a V:Ve acima do dossel forrageiro. As gramíneas e o amendoim-forrageiro apresentaram altura de dossel crescente com o aumento do sombreamento, a macrotiloma não exibiu tal comportamento. As forrageiras avaliadas apresentaram maior porcentagem de lâminas foliares com o aumento do sombreamento, com exceção do BRS Tamani, que não apresentou alteração nessa variável. As

gramíneas apresentaram A , E e g_s reduzidas à medida que o sombreamento se intensifica. Comportamento oposto ocorreu para o amendoim-forrageiro e maiores A , E e g_s foram observadas sob 0 e 45% para a macrotiloma, evidenciando maior adaptação dessa leguminosa a esses sombreamentos. Houve aumento nos teores de clorofila b e da $TFol$ com o aumento do sombreamento em todas as forrageiras avaliadas no presente estudo. O capim-mavuno pode ser manejado em sistemas com até 30% de sombreamento, sem perdas na produção. As gramíneas do gênero *Panicum* apresentaram grande adaptação aos níveis de sombra, podendo ser implantadas em sistemas adensados. A maior produção da macrotiloma sob 45% de sombreamento está relacionada com a maior eficiência fotossintética da cultivar nessa condição. O amendoim-forrageiro apresentou grande adaptação fisiológica aos sombreamentos leves e moderados, apresentando perda de produção em sombreamento intenso.

Palavras-chave: *Arachis pintoi*. *Brachiaria* spp. Interceptação luminosa. Intensidade luminosa. *Macrotyloma axillare*. Morfogênese. *Panicum maximum*

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of artificial shading (0, 30, 45 and 75%) on morphogenic and structural characteristics, total dry mass production, percentage of morphological components, canopy height and physiology of three (*Brachiaria* spp., Mavuno, *Panicum maximum* cv. Zuri, *P. spp.* cv. Tamani) and two forage legumes (*Macrotyloma axillare* cv. Java, and *Arachis pintoi* cv. Amarillo), during two seasons of the year (autumn/winter and spring/summer) in Diamantina-MG. The forages were evaluated from May 2017 to May 2018. Six tillers or branches were marked in each subplot and evaluated twice a week during an evaluation cycle in each season of the year, until reaching 95% of IL. The length of the pseudo stem or stem, length of the leaf blade, registration of new leaves by tillers, and verification of the expanded and senescent leaf blades were measured at each evaluation. Foliar leaf rate (FLR), foliar elongation rate (FER), pseudo stem elongation rate (pSER), petiole elongation rate for legumes, foliar senescence (FS), phyllochron rate (FILOC) number of live leaves (NLF), leaf blade final size (LBFS), final pseudo stem size (FpSS), leaf life span (LLS), leaf area index (LAI), mean cycle duration (CD) and total number of cycles (TNC). On the day of the cut the height of the canopy was determined. The red ratio (V:Ve), chlorophyll a and b, photosynthetic rate (*A*), respiratory rate (*E*), stomatal conductance (*gs*), leaf temperature (*TFol*) and water use efficiency (*USA*). Samples were collected for determination of morphological composition and tillering. The mavuno grass kept the LAI constant in the different shades, having only effect of the season of the year for the morphogenic characteristics. BRZ Zuri plants showed reduction in tissue flow during the fall/winter season, pronouncing the effect of radiation reduction and increasing CD. The BRS Tamani showed great ability to adapt to the shading levels and little influence of the season. The reduction of temperature and radiation during the fall/winter season caused the death of legume perennial horsegram independent of shading. The forage peanut was influenced by the season, presenting great adaptation to shaded environments. Artificial shading did not change V: Ve above the forage canopy. Grasses and forage peanuts presented increasing canopy height with increasing shading, the perennial horsegram showed no such behavior. The evaluated forages presented a higher percentage of leaf blades with the increase of the shading, except for the BRS Tamani, that did not present alteration in this variable. Grasses showed reduced *A*, *E* and *gs* as shading intensifies. Opposite behavior occurred for the forage peanut and higher *A*, *E* and *gs* were observed under 0 and 45% for the perennial horsegram, evidencing a greater adaptation of this legume to these shadings. There was an increase in the levels of chlorophyll b and *TFol* with increasing shading in all forages evaluated in the present study. The mavuno grass can be managed in systems with up

to 30% shading, without losses in production. The grasses of the genus *Panicum* showed great adaptation to the shade levels, being able to be implanted in densified systems. The higher production of the perennial horsegram under 45% shading is related to the greater photosynthetic efficiency of the cultivar in this condition. The forage peanut presented a great physiological adaptation to light and moderate shade, presenting loss of production in intense shading.

Keywords: *Arachis pintoi*. *Brachiaria* spp. Light interception. Light intensity. *Macrotyloma axillare*. Morphogenesis. *Panicum maximum*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Sistemas silvipastoris	14
2.2 <i>Brachiaria</i> spp. cv. Mavuno	14
2.3 <i>Panicum maximum</i> cv. Zuri	15
2.4 <i>Panicum maximum</i> cv. Tamani	15
2.5 <i>Arachis pinto</i> cv. Amarillo	16
2.6 <i>Macrotyloma axillare</i> cv. Java	16
2.7 Manejo do pastejo	16
2.8 Respostas adaptativas de plantas forrageiras sob sombreamentos	18
a. Concentração e relação entre clorofilas <i>a</i> e <i>b</i>	18
b. Taxa fotossintética	19
c. Trocas gasosas	20
d. Eficiência no uso da água	21
e. Índice de área foliar (IAF)	21
f. Respostas morfogênicas	22
g. Respostas estruturais	23
Artigo 1. FLUXO DE TECIDOS, PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DE PLANTAS FORRAGEIRAS TROPICAIS SOB SOMBREAMENTO	30
1. INTRODUÇÃO	34
2. METODOLOGIA	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1 Fluxo de tecidos, produção e fisiologia de capim-mavuno (<i>Brachiaria</i> spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos	44
3.2 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de capim-mavuno (<i>Brachiaria</i> spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos	51
3.3 Fluxo de tecidos em BRS Zuri (<i>Panicum maximum</i> cv. Zuri) sob sombreamentos	55
3.4 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de BRS Zuri (<i>Panicum maximum</i> cv. Zuri) sob sombreamentos	60

3.5 Fluxo de tecidos em BRS Tamani (<i>Panicum maximum</i> cv. Tamani) sob sombreamentos	64
3.6 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de BRS Tamani (<i>Panicum maximum</i> cv. Tamani) sob sombreamentos	67
3.7 Fluxo de tecidos em macrotiloma (<i>Macrotyloma axillare</i> cv. Java) sob sombreamentos	71
3.8 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de macrotiloma (<i>Macrotyloma axillare</i> cv. Java) sob sombreamentos	74
3.9 Fluxo de tecidos em amendoim-forrageiro (<i>Arachis pinto</i> cv. Amarillo) sob sombreamentos	77
3.10 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de amendoim-forrageiro (<i>Arachis pinto</i> cv. Amarillo) sob sombreamentos.....	80
4. CONCLUSÕES	83
5. REFERÊNCIAS	84

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, também conhecidos como agrossilvipastoris podem contribuir positivamente para os sistemas de produção animal e são alternativas eficientes de uso da terra na recuperação de área degradadas, aumentando a segurança alimentar e promovendo sequestro de carbono.

No entanto, como as espécies forrageiras implantadas no sub-bosque estão sujeitas a restrição luminosa imposta pela cultura agrônômica e pelas árvores, faz necessário o conhecimento do seu desempenho agrônômico para definir seu uso nesse sistema (DIAS-FILHO, 2000; PACIULLO *et al.*, 2012; LOPES *et al.*, 2018).

A tolerância de gramíneas e leguminosas ao sombreamento depende da sua capacidade morfofisiológica de se adaptar a determinadas condições, o que é conhecido como plasticidade fenotípica (DIAS-FILHO, 2000). Assim, morfoanatomicamente, plantas sombreadas tendem a aumentar a área foliar e a densidade estomatal, reduzindo a concentração de cera epicuticular e a espessura da cutícula e lâmina foliar (GOBBI *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2015).

Quanto às adaptações fisiológicas, Santos *et al.* (2017) mencionam aumento na condutância estomática e reduções na taxa transpiratória e eficiência no uso da água, devido ao microclima favorável sob a copa das árvores. Nesse sentido, quaisquer que sejam as adaptações, morfológica ou fisiológica, essas influenciarão diretamente na produção e perenidade das plantas forrageiras no sistema agrossilvipastoril.

As características do pasto que apresentam maior correlação com a produção de forragem são a altura e o índice de área foliar (IAF) (HODGSON, 1990). No valor de IAF chamado “ótimo” (IAF ótimo) a interceptação de aproximadamente toda a luz incidente com um mínimo de auto sombreamento proporcionaria o máximo valor de taxa de crescimento da cultura (FAGUNDES *et al.*, 1999). O valor de IAF que está próximo de 95% de interceptação luminosa e que proporciona taxa de crescimento da cultura próximo do máximo, é definido como “IAF crítico” (SBRISSIA E SILVA, 2001). Essa condição de IAF crítico está altamente correlacionada com a altura do dossel durante a rebrotação e é variável de acordo com a espécie ou cultivar estudada (SILVA E NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

Contudo, uma vez que o sombreamento causa diversas alterações na estrutura, morfogênese e fisiologia das plantas forrageiras, pode ocorrer mudanças na altura e no IAF do pasto em função do manejo. Assim, o estudo e compreensão das respostas morfogênicas das plantas forrageiras em condições de sombreamento pode ser útil para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficientes.

Dessa maneira, objetivou-se o efeito de quatro níveis de sombreamento artificial no fluxo de tecido, fisiologia e produção de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno), BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri), BRS Tamani (*P. maximum* cv. Tamani), macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) e amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) durante dois ciclos, sendo eles definidos como outono/inverno e primavera/verão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas silvipastoris

A consorciação entre plantas forrageiras, árvores e lavoura tem sido amplamente aceita como prática de produção sustentável (FAN *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2017) por demonstrar vantagens em relação a melhor utilização dos recursos naturais, da produtividade da forragem, tolerância aos estresses ambientais e menor exigência por fertilizantes e pesticidas (FAN *et al.*, 2006; ZORIC *et al.*, 2015) quando comparada com o monocultivo. Esses sistemas são conhecidos como integração lavoura-pecuária-floresta ou sistemas agrossilvipastoris.

O sucesso do sistema de integração dependerá da escolha correta de cada componente do sistema, de acordo com as características intrínsecas de cada espécie, das condições edafoclimáticas e dos efeitos da interação entre os componentes. Algumas gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* têm se apresentado adaptadas e produtivas em condições de luminosidade reduzida (PACIULLO *et al.*, 2003; PACIULLO *et al.*, 2008; GOBBI *et al.*, 2009; CASTRO *et al.*, 2010; MARTUSCELLO *et al.*, 2017). Também, algumas leguminosas, como dos gêneros *Arachis* (FISHER E CRUZ, 1994), *Desmodium* (STIIR, 1991), *Pueraria* e *Neonotonia* (SANTOS *et al.*, 2015) também se apresentam tolerantes ao sombreamento. As leguminosas merecem destaque e são importantes por incorporar nitrogênio (N) ao sistema solo-planta e, conseqüentemente, melhorar o desempenho dos animais e das plantas. No entanto, apesar do potencial produtivo e nutricional das leguminosas, seu uso em pastagens tropicais tem sido limitado pelo estabelecimento lento e baixa persistência no sistema (TAMELE *et al.*, 2017).

A persistência das espécies forrageiras no sistema integrado depende de diversos fatores, como forma de crescimento das plantas forrageiras, adaptação às condições edafoclimáticas, produção de sementes, taxa de lotação, manejo e adubação, tolerância ao sombreamento, pisoteio e a desfolhação (CARVALHO E PIRES, 2008).

O manejo adequado do pasto e da espécie arbórea em sistemas de integração é de fundamental importância para que a planta forrageira se mantenha persistente neste sistema.

2.2 *Brachiaria* spp. cv. Mavuno

O gênero *Brachiaria* possui cerca de 100 espécies, de origem tropical e subtropical africana (VALLE *et al.*, 2010). Pastos compostos de forrageiras do gênero *Brachiaria* constituem a principal fonte de alimento para ruminantes no Brasil (GRACINDO *et al.*, 2014).

Entre as espécies de maior utilização como forrageiras, *Brachiaria brizantha* é a espécie mais amplamente distribuída no Brasil por sua adaptação às condições de clima e solo, totalizando cerca de 40 milhões de hectares (VALLE *et al.*, 2010).

Sistema de produção mais intensivos têm demandado por cultivares forrageiras mais produtivas, de melhor qualidade e mais adaptadas a ofertas ambientais específicas. Assim, para maximizar o potencial de produção forrageira e animal, pode-se adaptar a planta ao ambiente por meio do melhoramento genético ou provocar uma mudança parcial no ambiente, o que se consegue utilizando eficientemente fatores como adubação, irrigação, controle de invasoras, pragas e doenças (ARAÚJO *et al.*, 2008). Entretanto, a liberação de novos cultivares de plantas forrageiras é um processo demorado para o que o produto final contenha as recomendações de uso e possa ser adotado em grande escala (VALLE *et al.*, 2010).

A *Brachiaria* spp. cv. Mavuno foi desenvolvida pela WolfSementes® em parceria com o Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP de 2007 a 2012 e lançada em 2014. É um híbrido proveniente do cruzamento entre *B. ruziziensis* e *B. brizantha*. Essa cultivar (cv.) é tolerante à acidez do solo, à cigarrinha-das-pastagens, à seca e ao fogo. Sua produção de matéria seca pode atingir até 20 ton ha⁻¹ ano⁻¹. Apresenta crescimento cespitoso, podendo atingir 1,3 metros (m) em crescimento livre. As lâminas foliares são longas e largas e apresenta pilosidade nas duas faces e também na bainha (UNISAGRO, 2015).

2.3 *Panicum maximum* cv. Zuri

As gramíneas do gênero *Panicum* são conhecidas mundialmente por apresentarem alta produtividade, qualidade e adaptação à diversas condições edafoclimáticas (REIS *et al.*, 2013). De modo geral, são exigentes em manejo do pastejo, principalmente em função do alongamento precoce e acentuado das lâminas foliares e colmos verificado em alguns cultivares.

A cultivar BRS Zuri de *P. maximum* foi lançada pela Empresa Agropecuária Brasileira (EMBRAPA) em 2014. É cespitosa, de porte ereto e alto, as lâminas foliares são glabras, longas e arqueadas. Os colmos são grossos e com pouca pilosidade. São moderadamente tolerantes ao encharcamento do solo, porém desenvolve melhor em solos bem drenados, sendo opção para a diversificação de pastagens no cerrado. Sua produção pode atingir até 21,8 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca (EMBRAPA, 2014). Em experimento realizado com o BRS Zuri em Manaus-AM, Souza (2018) observou produção anual de matéria seca de 14,60 ton ha⁻¹.

2.4 *Panicum maximum* cv. Tamani

O BRS Tamani é o primeiro híbrido de *Panicum maximum* lançado em 2015 pela EMBRAPA e foi selecionado por seu porte baixo, abundância de lâminas foliares e perfilhos, além de ser produtiva, vigorosa, valor nutritivo considerável, resistência à cigarrinha-das-pastagens e flexível ao manejo. Seu crescimento é cespitoso, porte baixo (até 1,3 metros), com

lâminas foliares longas, glabras, finas e arqueadas. Já o colmo é fino e não apresenta cerosidade (EMBRAPA, 2015).

A cultivar Tamani é uma opção para a diversificação de pastos no bioma Cerrado, visto que apresenta boa produção em solos bem drenados, podendo chegar a 15 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca foliar, produção semelhante a do capim-massai (EMBRAPA, 2015). Cavalli (2016) observou produção de 17,9 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca dessa cultivar em Sinop-MT.

2.5 *Arachis pintoi* cv. Amarillo

As leguminosas forrageiras do gênero *Arachis*, apresentam desenvolvimento de frutos geocárpicos a partir de flores localizadas na parte aérea. É uma espécie perene, herbácea, de porte baixo e com alta capacidade de propagação vegetativa (RAMOS *et al.*, 2010). Apresenta adaptação a condições de luminosidade reduzida (GOBBI *et al.*, 2009).

Já a cultivar Amarillo é persistente e produtiva em ambientes subtropicais e tropicais com ampla variedade de texturas (RAMOS *et al.*, 2010). Cresce bem nos solos de fertilidade moderada e é tolerante à alta saturação de alumínio (COOK *et al.*, 1990), sendo esta cultivar a mais utilizada.

2.6 *Macrotyloma axillare* cv. Java

Dentre as leguminosas forrageiras lançadas recentemente no Brasil, encontra-se a *Macrotyloma axillare* cv. Java, lançada em 2011 pelo Instituto de Zootecnia – Nova Odessa-SP. Volúvel e rasteira (JOUBERT *et al.*, 1979), a macrotiloma se adapta às regiões tropicais e subtropicais livres de geadas, sendo também resistente à seca, possuindo vigor, alta digestibilidade e média aceitabilidade (DA SILVA *et al.*, 2007). Sua produção de massa de matéria seca em pleno sol alcançou 5.285 kg ha⁻¹ corte⁻¹ MS, sendo reduzida a 843 kg ha⁻¹ corte⁻¹ MS sob sombreamento (ARAÚJO *et al.*, 2017).

2.7 Manejo do pastejo

A partir de 2000 foram realizados estudos com plantas forrageiras tropicais (CARNEVALLI *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2007; GIACOMINI *et al.*, 2009; PEDREIRA *et al.*, 2009) submetidas à lotação intermitente. Nestes trabalhos foi possível determinar o índice de área foliar crítico (IAFc), condição na qual a interceptação luminosa média do pasto atinge 95% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que corresponde à faixa do visível, ou seja, de 380 a 750 nanômetros (TAIZ E ZEIGER, 2004), no entanto essa porção representa apenas pequena parte do espectro da radiação solar. O IAFc já havia sido determinado para gramíneas de clima temperado e verificou-se com esses estudos que o mesmo pode ser aplicado para gramíneas tropicais (EUCLIDES *et al.*, 2015).

Estes estudos comprovaram melhor qualidade das plantas forrageiras quando submetidas ao pastejo de acordo com a IL de 95%, e que nessa condição a planta forrageira possuía maior acúmulo de lâminas foliares e menores porcentagens de forragem morta, colmos e inflorescência (EUCLIDES *et al.*, 2015). Além disso, 95% de IL foi correlacionado com altura das plantas forrageiras avaliadas, de forma que o manejo do pastejo, em áreas já estabelecidas, seja realizado com facilidade, confiabilidade e praticidade.

No entanto, os estudos citados foram realizados em pastos monocultivados, ou seja, não havia outra espécie que pudesse competir com os recursos necessários para crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, que está condicionado entre outros fatores, à quantidade e qualidade de radiação que as plantas conseguem absorver e assimilar em seus tecidos e órgãos fotossintéticos.

A energia luminosa capturada pelas plantas consegue prover quase toda a energia necessária para crescimento e reprodução, sendo a fotossíntese direta e drasticamente influenciada pela quantidade e qualidade de luz que atinge as lâminas foliares (GIVNISH, 1988).

Fisiologicamente, a radiação afeta diretamente o metabolismo através da fotossíntese, e indiretamente o crescimento e desenvolvimento através de respostas morfogênicas (FITTER E HAY, 2012). Estes processos são controlados pela luz e são encontrados nos vários estádios de crescimentos das plantas forrageiras, desde a germinação até o seu florescimento.

Muitas plantas forrageiras são capazes adaptar seu aparato fotossintético de acordo com a intensidade luminosa em que se encontram. Essa adaptação é caracterizada por alterações significativas na distribuição de recursos entre os componentes do aparato fotossintético (SEEMANN *et al.*, 1987). Ou seja, as plantas forrageiras que crescem em ambientes com restrição luminosa são incapazes de realizar taxas fotossintéticas elevadas, mas são eficientes em desenvolver-se em baixas intensidades de luz.

Outra variável importante é o índice de área foliar (IAF) que é uma característica adimensional que representa a superfície de área foliar sobre a unidade de área de solo (FITTER E HAY, 2012), podendo determinar maior intensidade da competição por luz entre plantas individuais. Quando o IAF atinge o valor determinado valor limite, as lâminas foliares superiores promovem sombreamento nas lâminas foliares inferiores. No sombreamento, o primeiro efeito é a redução na assimilação do carbono, e os fotoassimilados são redirecionados para o crescimento do pasto em detrimento ao crescimento do sistema radicular, comprometendo a absorção de nutrientes, como o nitrogênio (LEMAIRE, 2001).

Diante do exposto, a concentração e relação entre clorofilas *a* e *b*, a estrutura dos cloroplastos, as respostas morfogênicas e o IAF são apenas alguns dos diversos mecanismos de adaptação das plantas forrageiras em sistemas consorciados.

2.8 Respostas adaptativas de plantas forrageiras sob sombreamentos

a. Concentração e relação entre clorofilas *a* e *b*

Em ambientes sombreados há uma discrepância entre a energia e o fluxo de quanta que chega ao dossel das plantas no sub-bosque, devido a absorção seletiva de comprimento de ondas fotossinteticamente ativas pela copa das árvores. Assim, a radiação difusa que chega ao sub-bosque apresenta maior proporção de vermelho distante e infravermelho, apresentando também aumento na proporção no comprimento de onda verde em relação ao vermelha e azul (BOARDMAN, 1977).

O aparato fotossintético de plantas sob alta radiação é adaptado para altas taxas de conversão luminosa em fotossíntese. Elas exibem não somente maior capacidade fotossintética na clorofila *a* e base do cloroplasto, mas também composição química e estrutura diferentes das folhas sombreadas. Os cloroplastos de folhas sombreadas apresentam menor quantidade de clorofila por cloroplasto, maiores valores de clorofila *b*, maior proporção de β -caroteno entre os carotenoides e maiores níveis de fenilquinona (LICHTENTHALER *et al.*, 1981).

A maior quantidade de clorofila *b* em relação à clorofila *a* em plantas sombreadas aumenta a capacidade de absorção de luz na região do comprimento de onda entre grande parte do azul e as bandas vermelhas da clorofila *a* (BOARDMAN, 1977).

O nível mais baixo de proteínas de clorofilas *a/b* do complexo coletor de plantas sob radiação intensa está associado com pilhas de grana menores e em menor quantidade e a menor quantidade de lamela de cloroplasto por seção de cloroplasto (LICHTENTHALER *et al.*, 1981).

Dias-Filho (2002) em trabalho com duas gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha* e *B. humidicola*) sob pleno sol e 70% de sombreamento encontrou diferença na relação clorofila *a* e *b* para a *B. humidicola*, enquanto essa variação não foi significativa para a *B. brizantha*. *B. humidicola* apresentou redução na relação clorofila *a* e *b* presentes nos cloroplastos, o que pode indicar uma maior adaptação do sistema coletor de luz em plantas de *B. brizantha*. No entanto, outra hipótese pôde ser proposta, de forma que esse comportamento indique menor plasticidade em ambientes de luminosidade reduzida.

A redução na relação entre as clorofilas *a* e *b* em folhas de plantas sombreadas é conhecido por economizar N necessário para a captura de luz (DIAS-FILHO, 2002). A clorofila total por matéria seca possui a tendência de ser menor em folhas sombreadas, no entanto essa

redução não foi significativa em plantas de *B. humidicola*, o que pode conferir à essa espécie uma maior tolerância ao sombreamento.

Em estudo realizado com *Andropogon gayanus* cv. Planaltina (capim-andropógon) e *Panicum maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia) sob dois níveis de sombreamento artificial, 30 e 50% combinados com três épocas de entrada à sombra, 7, 14 e 21 dias e mais uma testemunha mantida a pleno sol, não encontrou variação significativa ($P < 0,05$) na concentração de clorofila *b* entre plantas das duas espécies sombreadas e as mantidas sob pleno sol. Maiores concentrações de clorofila *a* foram encontradas em plantas mantidas a pleno sol (OLIVEIRA *et al.*, 2013). A relação clorofila *a* e *b* apresentou valores menores para plantas das duas espécies sob sombreamentos quando comparadas às cultivadas sob pleno sol. Os autores relacionaram a coloração verde mais intensa observada em plantas de capim-andropógon sombreadas às maiores concentrações de clorofila *a*, o que é consequência do aumento na concentração de N, pois a planta reduz sua matéria seca para acumular componentes como água e minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

b. Taxa fotossintética

O estudo das respostas fisiológicas de folhas individuais ao nível de radiação disponível tem sido fundamental para o completo entendimento da adaptação de folhas de sol ao sombreamento (GIVNISH, 1988).

O efeito do sombreamento no crescimento de plantas apresenta uma série de respostas complexas resultantes do processo de extinção da luz pelo dossel forrageiro: redução da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos que reduz a assimilação de carbono pelas plantas (efeito trófico), mudança de qualidade de luz recebida pela planta através de redução na relação vermelho e vermelho distante (V:Ve) e redução da luz azul (efeitos morfogênicos) (LEMAIRE, 2001).

A intensidade de radiação necessária para atingir o ponto de saturação luminosa e a taxa de saturação de luz para a fixação de CO₂ aumentam de acordo com o aumento da intensidade luminosa, no entanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ em intensidades de luz limitantes é mais alta para as plantas cultivadas sob a menor intensidade de luz (BOARDMAN, 1977). O ponto de compensação luminosa, ou seja, ponto no qual o CO₂ consumido é compensado pelo CO₂ produzido ocorre com menor intensidade à medida que ocorre redução na intensidade da luz durante o crescimento. Dessa forma, folhas que crescem em condições de baixa radiação possuem maior taxa de fotossíntese líquida devido a menor taxa respiratória (GIVNISH, 1988).

A relação entre as grandes mudanças na composição do aparato fotossintético e alterações nas propriedades fotossintéticas das folhas foi explorada pela análise do tamanho dos

grupos de metabolitos nas folhas sob condições de fotossíntese no estado estacionário (SEEMANN *et al.*, 1987).

Dessa forma, a fotossíntese e a respiração podem ser expressadas como função da massa da folha e do teor de proteína, e indiretamente, incorporando custos de construção de folhas, pode ser mais útil para avaliar a adaptação ao nível da luz do que expressá-los como função da área foliar (GIVNISH, 1988).

Santos *et al.* (2017) compararam as características fotossintéticas de *B. brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) estabelecidas em consórcio com milho e em monocultivo cultivadas à 2, 4 e 6 m da linha de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris e encontraram menores valores de taxa transpiratória (E - mol H₂O m² s⁻¹) para plantas em consórcio, independente da distância do renque de árvores. Os mesmos autores reportam uma menor taxa fotossintética (A) das plantas de capim-marandu à medida que as mesmas se aproximavam do renque de eucalipto.

Em estudo realizado com plantas de *Cenchrus ciliaris* (capim-buffel) sombreado por *Prosopis juliflora* (algaroba) relata que o sombreamento proporcionado pelas árvores aumentou a fertilidade do solo, através do incremento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, além de reduzir o pH do solo, dessa forma, a gramínea sombreada compensou a menor disponibilidade de radiação com uma maior eficiência fotossintética (RIBASKI, 2013).

c. Trocas gasosas

Durante a fotossíntese, o CO₂ é difundido do ambiente para o espaço intracelular através dos estômatos. Em seguida, o CO₂ é dissolvido na água contida na parede celular, membrana plasmática, citosol, cloroplasto e estroma para a rubisco (TERASHIMA *et al.*, 2011).

O sombreamento pode afetar de forma direta a concentração de N foliar, condutância estomática e taxa transpiratória e essas adaptações exercem grande influência na assimilação de carbono sob diferentes intensidades luminosas (GIVNISH, 1988). Em folhas de sombra, a densidade estomática e o tamanho do estroma também podem mudar, afetando muito a fotossíntese se a condutância estomática for o fator limitante (KIM *et al.*, 2011).

Em estudo realizado com plantas do gênero *Brachiaria*, Santos *et al.* (2017) encontraram menores valores de taxa transpiratória (E) e condutância estomática (G_s) para plantas cultivadas sob sombreamento natural e alta densidade de plantas, respectivamente. De forma semelhante, Kim *et al.* (2011) encontraram valores de E e G_s crescentes à medida que se aumentou o fluxo de fótons fotossintético, de forma que a partir de certo valor, esses se estabilizaram. O que remete à redução da abertura estomática devido a menor concentração de carbono interno encontrado em plantas submetidas a essas condições (KIM *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2017).

Givnish (1988) previu aumento na condutância estomática de acordo com o aumento da radiação, a menos que a disponibilidade de água seja limitada refletindo o maior potencial de assimilação de carbono em uma determinada condutância, ou seja, capacidade fotossintética de mesófilo e o nível associado de custos transpiratórios, corroborando estudos de Kim *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2017).

d. Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água (EUA) descreve a relação intrínseca entre a fixação de carbono e a perda de água decorrente da abertura estomática para a fixação do CO₂ (BRAMLEY *et al.*, 2013).

Santos *et al.* (2017) avaliaram a EUA de plantas de *Brachiaria* cultivadas em consórcio com o milho e em monocultivo em Viçosa-MG, sob duas condições de restrição luminosa comparado com plantas cultivadas sob pleno sol. A EUA foi menor para plantas sombreadas quando comparadas às cultivadas em pleno sol, mas não apresentou diferença entre os dois espaçamentos testados. Os autores reportaram esse resultado como contraditório, visto que as plantas sombreadas apresentaram menor taxa transpiratória nos ambientes sombreados. Assim, as plantas deveriam ter mantido a mesma quantidade de CO₂ fixado para que a EUA fosse aumentada.

O fato de a EUA ser menor em ambientes sombreados pode ser resultado da maior difusão de água pela cutícula em relação ao CO₂ (LINDERSON *et al.*, 2012). Em situações de baixa luminosidade a fotossíntese é limitada pela radiação, no entanto a respiração não é dependente de luz, o que corrobora resultado obtido por Santos *et al.* (2017).

e. Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar é a razão entre a área total das folhas da planta e a superfície de solo coberta (GIVNISH, 1988), e aparenta ser a maior característica determinante da intensidade de competição por luz entre as plantas individuais, de forma que quando o IAF atinge o valor 1, algumas folhas superiores começam a sombrear as folhas inferiores (LEMAIRE, 2001).

Dosséis com maiores camadas de folhas apresentam maior potencial de assimilação de carbono (C) por possuírem maior quantidade de tecido fotossintético, no entanto isso implica em maior auto sombreamento, o que reduz a taxa fotossintética em folhas inferiores e aumentando a possibilidade de algumas folhas não renderem retorno energético líquido (GIVNISH, 1988).

À medida que a competição pela luz dentro do dossel aumenta e a relação V:Ve e luz azul no dossel diminui, o comprimento do pecíolo e o tamanho da lâmina foliar aumentam

enquanto o surgimento de brotos axilares cessa e os entrenós de estolão são alongados mais rapidamente (LEMAIRE, 2001).

Paciullo *et al.* (2007) avaliaram o índice de área foliar em plantas de *B. decumbens* (capim-braquiária) sob sombreamento em sistema agrossilvipastoril e sob alta intensidade luminosa. Os autores relataram uma redução significativa ($P<0,05$) no IAF de plantas sombreadas em relação às plantas sob pleno sol. A baixa luminosidade promoveu modificações estruturais no dossel de capim-braquiária que permitiram aumento da IL mesmo com baixo IAF.

De forma semelhante ao encontrado por Paciullo *et al.* (2007), Gobbi *et al.* (2009a) encontraram redução linear nos valores de IAF para *B. decumbens* (capim-braquiária) e *Arachis pintoii* cv. Amarillo (amendoim-forrageiro) submetidos a níveis crescentes de sombreamento. Segundo os autores, a redução no valor do IAF pode estar relacionada com a redução do número total de folhas em decorrência de menor número de perfilhos e ramificações das espécies estudadas.

f. Respostas morfogênicas

A variação na disponibilidade de radiação e nutrientes para as plantas forrageiras é responsável por modificações na morfogênese dessas, acarretando mudanças na estrutura e na massa da forragem (LEMAIRE, 2001).

Em estudo realizado com o capim-braquiária em monocultivo e consorciado com milho ou sorgo em sistema agrossilvipastoril, foi reportado efeito significativo ($P<0,05$) dos sistemas de cultivo sobre as características morfogênicas das plantas forrageiras. A taxa de alongamento de colmo e de senescência foliar foram maiores para o capim-braquiária cultivado com o milho, seguido do sorgo e por fim, em monocultivo. Quando a duração da vida da lâmina foliar, o capim-braquiária apresentou efeito significativo ($P<0,05$) entre os sistemas de consórcio, sendo que o mesmo apresentou maiores valores em monocultivo, seguido de plantas cultivadas com sorgo. O capim-braquiária apresentou grande plasticidade fenotípica, modificando sua estrutura e morfogênese com o objetivo de manter certa taxa de crescimento (MARTUSCELLO *et al.*, 2017). Muitos estudos reportaram que a maioria das plantas são capazes de se adaptar, modificando sua morfologia e padrão de alocação de carbono em resposta à mudanças na qualidade da luz por meio de fotorreceptores sensíveis à relação V:Ve, (fitocromos) ou à luz azul (criptocromos) (LEMAIRE, 2001).

A taxa de alongamento de lâminas foliares e de pseudocolmos ou colmos também apresentam aumento em outras plantas forrageiras submetidas ao sombreamento (PACIULLO *et*

al., 2008), o que evidencia uma realocação de fotoassimilados pelas plantas, resultando em maior área foliar para captação de RFA para a fotossíntese.

A taxa de alongamento de pseudocolmos ou colmos também apresentou aumento de acordo com o manejo e período de descanso entre pastejos (CÂNDIDO *et al.*, 2005), sendo que os maiores períodos de descanso proporcionaram sombreamento mútuo maior e mais prolongado de perfilhos, comprometendo a relação V:Ve e consequentemente favorecendo o acúmulo de colmos/pseudocolmos.

Uma das características morfogênicas mais influenciadas pelo sombreamento é o perfilhamento (PACIULLO *et al.*, 2008; GOBBI *et al.*, 2009a; MARTUSCELLO *et al.*, 2017), em consequência da redução da relação V:Ve e do fluxo de fótons fotossintéticos, enquanto a redução na luz azul não demonstrou nenhuma alteração no perfilhamento (LEMAIRE, 2001).

As plantas são capazes de responder às mudanças na qualidade da luz através da reflexão horizontal dessa por plantas vizinhas, antes mesmo da quantidade de luz absorvida ser reduzida. Essa proximidade permite que as plantas desenvolvam respostas antecipatórias quanto à realocação dos fotoassimilados antes que a redução da radiação seja prejudicial à fotossíntese (LEMAIRE, 2001).

g. Respostas estruturais

As alterações morfológicas e estruturais podem permitir às plantas tolerância de diferentes níveis de sombra (GOBBI *et al.*, 2009) e estão diretamente relacionadas com a fisiologia das mesmas, dessa forma, os mecanismos de adaptação de algumas espécies ao sombreamento é o que define seu potencial de uso em ambientes sombreados.

Uma das características estruturais mais influenciadas pelo sombreamento é a altura do dossel. Nesse contexto, estudo realizado por Gobbi *et al.* (2009), foi observado que a altura de dossel apresentou aumento linear de acordo com o aumento do sombreamento para o amendoim-forrageiro e de forma quadrática para o capim-braquiária, sendo que a maior média de altura do capim-braquiária foi encontrada a 50% de sombra.

A altura do dossel está relacionada com a disposição vertical dos perfilhos em busca de maior quantidade de radiação a ser interceptada. A maior altura de dossel também foi reportada por Cândido *et al.* (2005) trabalhando com *Panicum maximum* cv. Mombaça (capim-mombaça) sob três períodos de descanso, no qual o maior período de descanso proporcionou sombreamento mútuo entre as plantas, resultando no alongamento do colmo. Resultado semelhante foi encontrado por Junior *et al.* (2011).

Segundo Givnish (1988), a produção alocada as estruturas de sustentação, como o caule ou colmo, aumenta com a altura da planta, refletindo no aumento desproporcional no tecido de

suporte das plantas. A maior proporção de colmos em relação às folhas também foi descrito por Neto *et al.* (2010) para três forrageiras de clima temperado sob quatro níveis de sombreamento.

Diante do exposto, observa-se que as plantas forrageiras possuem capacidade de se adaptarem à diferentes sistemas de produção e métodos de pastejo, que podem promover ambientes com restrição luminosa, de forma que a arquitetura do pasto seja modificada a fim de interceptar maior quantidade de radiação solar (GOBBI *et al.*, 2009).

3. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. A. D. C.; SILVA, T. O. D.; ROCHA, N. S. et al. Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, p. 27-34, 2017.

ARAÚJO, S.; DEMINICIS, B.; CAMPOS, P. Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. **Archivos de zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 61-76, 2008.

BARBOSA, R. A.; DO NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

BOARDMAN, N. T. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual review of plant physiology**, v. 28, n. 1, p. 355-377, 1977.

BRAMLEY, H.; TURNER, N. C.; SIDDIQUE, K. H. M. Water Use Efficiency. In: KOLE, C. (Ed.). **Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops: Vol. 2 Target Traits**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. p.225-268. ISBN 978-3-642-37048-9.

CÂNDIDO, M. J. D.; GOMIDE, C. A. M.; ALEXANDRINO, E. et al. Morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 406-415, 2005.

CARNEVALLI, R.; DA SILVA, S.; BUENO, A. D. O. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical grasslands**, v. 40, n. 3, p. 165, 2006.

CARVALHO, G.; PIRES, A. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 103-113, 2008.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19, 2010.

CAVALLI, J. **Estratégias de manejo do pastejo para *Panicum maximum* cvs. Quênia e Tamani**. 2016. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso.

COOK, B.; WILLIAMS, R.; WILSON, G. *Arachis pinto* Krap. et Greg. nom. nud.(pinto peanut) cv. Amarillo. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 30, n. 3, p. 445-446, 1990.

DA SILVA, A. H.; ALVES, D. S.; DE OLIVEIRA SILVEIRA, H. R. et al. Aplicação de corretivos e fertilizantes para recuperação de áreas degradadas utilizando *Macrotyloma axillare* como cobertura vegetal no norte de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 22, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.

EMBRAPA, E. B. D. P. A. **BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária**. CORTE, E. G. D. 2014.

_____. **BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum***. CORTE, E. G. D. 2015.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A. et al. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Ceres**, v. 61, n. 7, 2015.

FAN, F.; ZHANG, F.; SONG, Y. et al. Nitrogen Fixation of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Interacting with a Non-legume in Two Contrasting Intercropping Systems. **Plant and soil**, v. 283, n. 1, p. 275-286, May 01 2006.

FISHER, M.; CRUZ, P. Some ecophysiological aspects of *Arachis pinto*. **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p. 53-70, 1994.

FITTER, A. H.; HAY, R. K. **Environmental physiology of plants**. Academic press, 2012. ISBN 0080549810.

GIACOMINI, A. A.; SILVA, S. C. D.; SARMENTO, D. O. D. L. et al. Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 721-732, 2009.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645-1654, 2009.

GRACINDO, C. V.; LOUVANDINI, H.; RIET-CORREA, F. et al. Performance of sheep grazing in pastures of *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*, and *Andropogon gayanus* with different protodioscin concentrations. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 5, p. 733-737, June 01 2014.

JOUBERT, F. J.; KRUGER, H.; TOWNSHEND, G. S. et al. Purification, Some Properties and the Complete Primary Structures of Two Protease Inhibitors (DE-3 and DE-4) from *Macrotyloma axillare* Seed. **European journal of biochemistry**, v. 97, n. 1, p. 85-91, 1979.

JUNIOR, J.; CÂNDIDO, M. J. D.; VALENTE, B. et al. Características estruturais do dossel de capim-tanzânia submetido a três frequências de desfolhação e dois resíduos pós-pastejo. **R. Bras. Zootec**, v. 40, n. 3, p. 489-497, 2011.

KIM, S. J.; YU, D. J.; KIM, T.-C. et al. Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 3, p. 486-492, 2011.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. International Grassland Congress, 2001, SBZ São Paulo. p. 29-37.

LICHTENTHALER, H.; BUSCHMANN, C.; DÖLL, M. et al. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. **Photosynthesis Research**, v. 2, n. 2, p. 115-141, 1981.

LINDERSON, M. L.; MIKKELSEN, T. N.; IBROM, A. et al. Up-scaling of water use efficiency from leaf to canopy as based on leaf gas exchange relationships and the modeled in-canopy light distribution. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 152, n. Supplement C, p. 201-211, 2012/01/15/ 2012.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. D. C. et al. Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017.

MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; FERREIRA, P. S. et al. Morfogênese e estrutura do capim-braquiária em sistema de integração agricultura e pecuária. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2017.

NETO, A. G.; GARCIA, R.; MOOT, D. J. et al. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 42-50, 2010.

OLIVEIRA, F. L. R. D.; MOTA, V. A.; RAMOS, M. S. et al. Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e *Panicum maximum* cv. Tanzânia sob sombreamento. **Ciencia Rural**, v. 43, p. 348-354, 2013.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J. et al. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 421-426, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; DE CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. D. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

RAMOS, A. K. B.; BARCELLOS, A. O.; FERNANDES, F. D. Gênero *Arachis*. In: **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p. 249-293.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. 1 Jaboticabal: 2013. 714 ISBN 978-85-88805-40-8.

RIBASKI, J. Influência da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris*) na região semi-árida brasileira. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2013.

SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A. et al. Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 519-528, 2015.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. et al. *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, 2017.

SEEMANN, J. R.; SHARKEY, T. D.; WANG, J. et al. Environmental effects on photosynthesis, nitrogen-use efficiency, and metabolite pools in leaves of sun and shade plants. **Plant physiology**, v. 84, n. 3, p. 796-802, 1987.

SOUZA, J. A. S. D. Produção de gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* nas condições edafoclimáticas de Manaus, Am. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas. 2018.

STIIR, W. Screening forage species for shade tolerance-a preliminary report. **Forages for plantation crops**, p. 58, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAMELE, O. H.; LOPES DE SÁ, O. A. A.; BERNARDES, T. F. et al. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, p. n/a-n/a, 2017.

TERASHIMA, I.; HANBA, Y. T.; THOLEN, D. et al. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 108-116, 2011.

UNISAGRO. **MAVUNO - *Brachiaria* híbrida**. WOLFSEEDS: 2 p. 2015.

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Gênero *Brachiaria*. In: **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. p. 30-77.

ZORIC, L.; MIKIC, A.; ANTANASOVIC, S. et al. Stem anatomy of annual legume intercropping components: white lupin (*Lupinus albus* L.), narbonne (*Vicia narbonensis* L.) and common (*Vicia sativa* L.) vetches. **Agricultural and Food Science**, v. 24, n. 2, p. 139-149, 2015.

Artigo 1. FLUXO DE TECIDOS, PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DE PLANTAS FORRAGEIRAS TROPICAIS SOB SOMBREAMENTO

RESUMO

O presente estudo foi proposto com o objetivo de avaliar o efeito do sombreamento artificial (0, 30, 45 e 75%) nas características morfogênicas e estruturais, na produção de massa seca total, porcentagem de componentes morfológicos, altura do dossel e fisiologia de três gramíneas (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno, *Panicum maximum* cv. Zuri, *P. spp.* cv. Tamani) e duas leguminosas forrageiras (*Macrotyloma axillare* cv. Java e *Arachis pintoi* cv. Amarillo), durante duas estações do ano (outono/inverno e primavera/verão) em Diamantina-MG. As forrageiras foram avaliadas no período de maio de 2017 a maio de 2018. Foram marcados seis perfilhos ou ramificações em cada sub-parcela e esses foram avaliados duas vezes por semana durante um ciclo de avaliação em cada estação do ano, até atingir 95% de IL. A cada avaliação foram mensurados o comprimento do pseudocolmo ou caule, comprimento da lâmina foliar, registro de novas folhas surgidas por perfilhos, e verificação das lâminas foliares expandidas e senescentes. Foram determinadas a taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIC), taxa de alongamento do pecíolo para as leguminosas, taxa de senescência foliar (TSF), filocrono (FILOC), número de folhas vivas (NFV), tamanho final da lâmina foliar (CFLF), tamanho final do pseudocolmo (TFC), duração da vida da folha (DVF), índice de área foliar (IAF), duração média do ciclo (DMC) e número total de ciclos (NTC). No dia do corte foi determinada a altura do dossel. Foram realizadas leituras da relação vermelho:vermelho distante (V:Ve), teores de clorofila *a* e *b*, taxa fotossintética (*A*), taxa respiratória (*E*), condutância estomática (*gs*), temperatura da folha (*TFol*) e eficiência do uso da água (*EUA*). Amostras foram coletadas para determinação da composição morfológica e perfilhamento. O capim-mavuno manteve constante o IAF nos diferentes sombreamentos, sofrendo efeito apenas da estação do ano para as características morfogênicas. Plantas de BRZ Zuri apresentaram redução no fluxo de tecidos durante a estação outono/inverno, pronunciando o efeito da redução da radiação e aumentando a DMC. O BRS Tamani apresentou grande capacidade de adaptação aos níveis de sombreamento e pouca influência da estação do ano. A redução da temperatura e radiação durante a estação outono/inverno ocasionou a morte da leguminosa macrotiloma independente do sombreamento. O amendoim-forrageiro foi influenciado pela estação do ano, apresentando grande adaptação a ambientes sombreados. O sombreamento artificial não alterou a V:Ve acima do dossel forrageiro. As gramíneas e o amendoim-forrageiro apresentaram altura de dossel crescente com

o aumento do sombreamento, a macrotiloma não exibiu tal comportamento. As forrageiras avaliadas apresentaram maior porcentagem de lâminas foliares com o aumento do sombreamento, com exceção do BRS Tamani, que não apresentou alteração nessa variável. As gramíneas apresentaram A , E e gs reduzidas à medida que o sombreamento se intensifica. Comportamento oposto ocorreu para o amendoim-forrageiro e maiores A , E e gs foram observadas sob 0 e 45% para a macrotiloma, evidenciando maior adaptação dessa leguminosa a esses sombreamentos. Houve aumento nos teores de clorofila b e da $TFol$ com o aumento do sombreamento em todas as forrageiras avaliadas no presente estudo. O capim-mavuno pode ser manejado em sistemas com até 30% de sombreamento, sem perdas na produção. As gramíneas do gênero *Panicum* apresentaram grande adaptação aos níveis de sombra, podendo ser implantadas em sistemas adensados. A maior produção da macrotiloma sob 45% de sombreamento está relacionada com a maior eficiência fotossintética da cultivar nessa condição. O amendoim-forrageiro apresentou grande adaptação fisiológica aos sombreamentos leves e moderados, apresentando perda de produção em sombreamento intenso.

Palavras-chave: *Arachis pintoi*. *Brachiaria* spp. Intercepção luminosa. Intensidade luminosa. *Macrotyloma axillare*. Morfogênese. *Panicum maximum*

Article 1. TISSUE FLOW, PRODUCTION AND PHYSIOLOGY OF TROPICAL FORAGES UNDER SHADING

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of artificial shading (0, 30, 45 and 75%) on morphogenic and structural characteristics, total dry mass production, percentage of morphological components, canopy height and physiology of three (*Brachiaria* spp., Mavuno, *Panicum maximum* cv. Zuri, *P. spp.* cv. Tamani) and two forage legumes (*Macrotyloma axillare* cv. Java, and *Arachis pintoii* cv. Amarillo), during two seasons of the year (autumn/winter and spring/summer) in Diamantina-MG. The forages were evaluated from May 2017 to May 2018. Six tillers or branches were marked in each subplot and evaluated twice a week during an evaluation cycle in each season of the year, until reaching 95% of IL. The length of the pseudo stem or stem, length of the leaf blade, registration of new leaves by tillers, and verification of the expanded and senescent leaf blades were measured at each evaluation. Foliar leaf rate (FLR), foliar elongation rate (FER), pseudo stem elongation rate (pSER), petiole elongation rate for legumes, foliar senescence (FS), phyllochron rate (FILOC) number of live leaves (NLF), leaf blade final size (LBFS), final pseudo stem size (FpSS), leaf life span (LLS), leaf area index (LAI), mean cycle duration (CD) and total number of cycles (TNC). On the day of the cut the height of the canopy was determined. The red ratio (V:Ve), chlorophyll a and b, photosynthetic rate (A), respiratory rate (E), stomatal conductance (g_s), leaf temperature (TF_{ol}) and water use efficiency (USA). Samples were collected for determination of morphological composition and tillering. The mavuno grass kept the LAI constant in the different shades, having only effect of the season of the year for the morphogenic characteristics. BRZ Zuri plants showed reduction in tissue flow during the fall/winter season, pronouncing the effect of radiation reduction and increasing CD. The BRS Tamani showed great ability to adapt to the shading levels and little influence of the season. The reduction of temperature and radiation during the fall/winter season caused the death of legume perennial horsegram independent of shading. The forage peanut was influenced by the season, presenting great adaptation to shaded environments. Artificial shading did not change V: Ve above the forage canopy. Grasses and forage peanuts presented increasing canopy height with increasing shading, the perennial horsegram showed no such behavior. The evaluated forages presented a higher percentage of leaf blades with the increase of the shading, except for the BRS Tamani, that did not present alteration in this variable. Grasses showed reduced A , E and g_s as shading intensifies. Opposite behavior occurred for the forage peanut and higher A , E and g_s were observed under 0 and 45% for the perennial horsegram, evidencing a greater adaptation of this legume to these shadings.

There was an increase in the levels of chlorophyll b and *TFol* with increasing shading in all forages evaluated in the present study. The mavuno grass can be managed in systems with up to 30% shading, without losses in production. The grasses of the genus *Panicum* showed great adaptation to the shade levels, being able to be implanted in densified systems. The higher production of the perennial horsegram under 45% shading is related to the greater photosynthetic efficiency of the cultivar in this condition. The forage peanut presented a great physiological adaptation to light and moderate shade, presenting loss of production in intense shading.

Keywords: *Arachis pintoii*. *Brachiaria* spp. Light interception. Light intensity. *Macrotyloma axillare*. Morphogenesis. *Panicum maximum*

1. INTRODUÇÃO

O pasto é a principal fonte de alimentação do rebanho bovino nacional, pois constitui fonte de alimentação prática e econômica. Além desse fato, em função das características climáticas, da extensão territorial e da totalidade da colheita do alimento ser realizada pelo próprio animal no momento do pastejo, o Brasil possui um dos menores custos de produção de carne e leite do mundo.

No entanto, a grande diversidade edafoclimáticas, opções de plantas forrageiras e grandes extensões em área, dificulta o manejo das pastagens no Brasil, resultando assim a ocorrência de pastagens degradadas ou em estágio de degradação. Dessa maneira, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, também conhecidos como sistemas agrossilvipastoris, são alternativas eficientes de uso da terra e na recuperação de pastagens degradadas (LOPES *et al.*, 2018).

A escolha adequada da espécie forrageira a ser implantada no sub-bosque está relacionada com o sucesso do sistema, uma vez que após a retirada da cultura agrícola, a forrageira deverá ser capaz de crescer, desenvolver e se manter dentro do sistema, garantindo assim, sua perenidade. No entanto, o sombreamento imposto pela cultura agrícola na implantação e pela cultura arbórea nos anos seguintes à colheita agrícola exerce papel fundamental na decisão de escolha da planta forrageira (PACIULLO *et al.*, 2012; LOPES, C. M. *et al.*, 2017).

Na tentativa de estabelecer pastos cultivados produtivos e perenes em sistemas silvipastoris algumas gramíneas têm sido estudadas. Alguns trabalhos reportam que gramíneas do gênero *Panicum* são mais tolerantes ao sombreamento que espécies do gênero *Brachiaria* (MARTUSCELLO *et al.*, 2009b; KUNST *et al.*, 2014; PACIULLO *et al.*, 2017), no entanto, alguns autores já observaram boa adaptação de espécies de *Brachiaria* sob sombreamento (PACIULLO, DOMINGOS SÁVIO CAMPOS *et al.*, 2003; PACIULLO *et al.*, 2008; GOBBI *et al.*, 2009b; CASTRO *et al.*, 2010; MARTUSCELLO *et al.*, 2017). Todavia, as leguminosas também merecem destaque nos sistemas de produção integrada em pastagem, uma vez que incorporam N atmosférico no sistema solo-planta, melhorando o desempenho geral do rebanho (DE ANDRADE *et al.*, 2004) e a nutrição das plantas consorciadas. Algumas espécies do gênero *Arachis* (FISHER E CRUZ, 1994), *Desmodium* (STIIR, 1991), *Pueraria* e *Neonotonia* (SANTOS *et al.*, 2015) apresentam tolerantes ao sombreamento intenso, ou seja, podem crescer e produzir em ambientes sombreados.

O sombreamento causa mudanças na morfogênese de plantas forrageiras, mudando a estrutura do dossel (LEMAIRE, 2001), na qual uma das características mais afetadas é a altura

do manejo (GOBBI *et al.*, 2009a). Assim, as avaliações das características morfogênicas e estruturais do dossel são ferramentas que auxiliam nas decisões de manejo e no entendimento da adaptação das forrageiras ao meio e permitem estabelecer metas de pastejo adequadas (LUNA *et al.*, 2014).

Quanto às adaptações fisiológicas de plantas cultivadas sob sombreamento, Santos *et al.* (2017) relatam aumento na condutância estomática, reduções na taxa transpiratória e eficiência no uso da água, devido ao microclima favorável sob a copa das árvores. Nesse sentido, quaisquer que sejam as adaptações, morfológicas ou fisiológicas, irão influenciar na produção e perenidade da planta forrageira no sistema agrossilvipastoril. No entanto, até mesmo forrageiras medianamente tolerantes ao sombreamento podem apresentar redução na produção de massa seca sob sombreamento intenso (GOBBI *et al.*, 2009a; MARTUSCELLO *et al.*, 2009b), especialmente quando o sombreamento excede 50%. Assim, além do sombreamento, a umidade, fertilidade do solo e a evapotranspiração (DE ANDRADE E VALENTIM, 1999; DE ANDRADE *et al.*, 2004) também exercem influência sobre a produção de plantas forrageiras sob sombreamento.

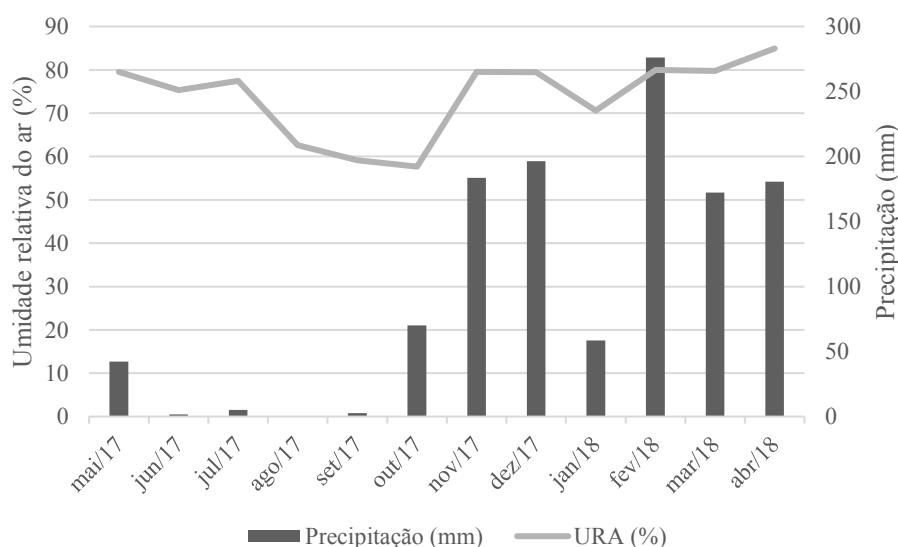
Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de quatro níveis de sombreamento artificial no fluxo de tecidos e produção de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno), BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri), BRS Tamani (*P. spp.* cv. Tamani), macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) e amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo).

2. METODOLOGIA

2.1 Área experimental e tratamentos

O experimento foi desenvolvido no Campo Agrostológico, do Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, em Diamantina-MG, no período de maio de 2017 a abril de 2018. Diamantina-MG está na altitude de 1.387 m, 18°10'S de latitude e 43°30'W de longitude. Segundo a classificação Köppen, o clima da região é Cwb, tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos, com temperatura média de 20 °C e precipitação média anual de 1.200 mm. A precipitação anual registrada pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP – INMET, 2018) foi de 1.190 mm, distribuídos em maior frequência de outubro de 2017 a abril de 2018 (FIGURA 1).

Figura 1. Precipitação mensal (mm) e umidade relativa do ar (%) registrada de maio de 2017 a abril de 2018. Diamantina-MG



Fonte: BDMEP – INMET (2018)

As cinco plantas forrageiras tropicais, *Brachiaria* (Trin.) Griseb. spp. (syn. *Urochloa* P. Beauv. spp.) cv. Mavuno (capim-mavuno), *Panicum maximum* (Jacq.) R. Webster cv. Zuri (BRS Zuri), *P.* (Jacq.) R. Webster spp. cv. Tamani (BRS Tamani), *Macrotyloma axillare* (E. Mey.) Verdc. cv. Java (macrotiloma) e *Arachis pintoii* Krapov. & W.C. Greg. cv. Amarillo (amendoim-forrageiro) foram avaliadas separadamente.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições. As parcelas foram as duas estações do ano avaliadas (sendo a primeira outono/inverno e a segunda

primavera/verão), e as subparcelas, os níveis de sombreamento (0% – 475 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (pleno solo); 30% – 317,77 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; 45% – 253,35 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e 73% - 127,42 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Antes da implantação do experimento, foram realizadas coletas de solo na camada de 0-20 cm para avaliação da fertilidade. O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH em H_2O : 5,5; P: 0,9 mg dm^{-3} (Mehlich⁻¹) e K: 19,00 mg dm^{-3} ; Ca^{+2} : 0,9; Mg^{+2} : 0,4 e Al^{+3} : 0,00 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (KCl 1mol L^{-1}), CTC (T): 3,33 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, soma de bases: 1,35 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, H + Al: 1,98 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 1,86 dag kg^{-1} de matéria orgânica e 28,4 mg dm^{-3} de P-rem.

A semeadura das plantas forrageiras foi realizada em abril de 2015 em canteiros de 5,0 m^2 com espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 10,0 m lineares por canteiro e espaçamento de 1,0 metro entre canteiros.

A adubação na semeadura foi realizada de acordo com o resultado da análise química do solo, na qual aplicou-se: 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 em forma de superfosfato simples e 1.000 kg ha^{-1} de calcário dolomítico, correspondendo a 0,225 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de calcário por canteiro, seguindo as Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO, 1999) para alto nível tecnológico.

A taxa de semeadura utilizada foi de 1,8 kg ha^{-1} de sementes puras viáveis (SPV) para o capim-mavuno, 2,0 kg ha^{-1} de SPV para as espécies do gênero *Panicum* e 2,5 kg ha^{-1} para a macrotiloma (SOUZA, 1993). O amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) foi implantado na área experimental por meio de estolões retirados do Campo Agrostológico da UFVJM.

A adubação de manutenção foi realizada 35 dias após a semeadura (DAS) empregando-se 100 kg ha^{-1} de N, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 100 kg ha^{-1} de K_2O diluídos em água e distribuídos nos canteiros com o auxílio de regadores. O desbaste das plantas forrageiras foi realizado aos 42 dias após a semeadura (DAS), mantendo-se 20 plantas m^{-2} . Ao início de cada estação do ano, foram realizadas adubações utilizando-se 50 kg ha^{-1} de N na forma de ureia e 50 kg ha^{-1} de K_2O na forma KCl.

Cada área de sombreamento foi construída com estrutura de madeira e arame liso, com dimensões de 3,0 m de largura por 10,0 m de comprimento, totalizando 30,0 m^2 de área e altura de 2,0 m. As áreas foram cobertas com tela de náilon de diferentes diâmetros, inclusive as laterais, nas quais a IL foi determinada pelo diâmetro dos orifícios de cada tela. A área em pleno sol possuía a mesma dimensão.

Os valores médios de 30, 45 e 73% de sombra sobre as unidades experimentais foram obtidos a partir da utilização de telas descritas comercialmente com percentuais de sombra de 30, 60 e 90%, respectivamente (TABELA 1).

Tabela 1. Valores médios de sombreamento e radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) que foram proporcionados pelos sombrites comerciais de 30, 60 e 90% comparados ao pleno sol

Estação	RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e sombreamento real exercido pelos sombrites comerciais de acordo com a época do ano			
	0	30%	60%	90%
Outono/Inverno	672,82	347,82	321,27	174,82
	(0%)	(48,31%)	(52,26%)	(74,01%)
Primavera/Verão	329,93	293,73	203,53	92,67
	(0%)	(10,97%)	(38,31%)	(71,91%)
Média do sombreamento real	0%	29,64%	45,28%	72,96%

O sombreamento real exercido pelas telas de náilon foi obtido com a utilização do aparelho PAR/LAI Ceptometer modelo LP-80. As leituras foram realizadas semanalmente às 9:00, 12:00 e 15:00 horas, em dias com condições homogêneas de luminosidade, seguindo as recomendações de uso do aparelho (DEVICES, 2004). Para determinação dos níveis de sombreamento, foi avaliado o percentual médio de redução da RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) incidente acima dos canteiros, dispostos abaixo de cada tela em relação as plantas cultivadas em pleno sol.

As plantas foram irrigadas diariamente mantendo-se aproximadamente 80% da capacidade de campo do solo. Semanalmente foi realizado o controle manual de plantas daninhas para redução da competição por recursos e avaliação apenas das plantas de interesse.

As temperaturas nas áreas experimentais foram monitoradas diariamente a partir de termômetros tipo capela modelo TM-38 CAP instalados na região central cada área de sombreamento e em pleno sol (TABELA 2).

Tabela 2. Médias de temperaturas registradas em sob cada nível de sombreamento durante o período experimental e em cada época de avaliação

Sombreamento (%)	Mínima		Máxima		Média	
	O/I ¹	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V
0	9,95	14,71	18,67	23,33	18,67	23,33
30	9,93	15,18	17,64	23,13	17,64	23,13
45	10,44	15,33	18,51	23,01	18,51	23,01
73	10,81	14,35	18,72	22,21	18,72	22,21

¹Outono/Inverno(O/I)=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão(P/V)=setembro de 2017 a março de 2018

Da semeadura (abril de 2015) ao início do experimento (maio de 2017) as plantas foram mantidas em corte constante quando as mesmas atingiram 95% de IL. A IL foi monitorada

semanalmente com o auxílio do aparelho radiômetro (PAR/LAI Ceptometer modelo LP-80). O último corte de uniformização foi realizado ao início do experimento, em maio de 2017, concomitantemente foram marcados seis perfilhos ou ramificações, nas leguminosas para avaliações das características morfogênicas e estruturais. A marcação foi realizada, na base de cada perfilho/ramificação, com fios de arames finos com seis combinações de cores diferentes, para melhor identificação dos mesmos.

Para localizar as unidades de crescimento marcados dentro dos canteiros, esses foram marcados lateralmente com uma haste de metal (vergalhão) de aproximadamente 1,0 m de altura. A primeira marcação e avaliação das forrageiras foram realizadas após a uniformização das plantas nos canteiros. Para a escolha dos perfilhos ou ramificações, foi utilizada como padrão a altura média das plantas forrageiras de cada subparcela e perfilho ou ramificação que continham no mínimo duas folhas vivas.

Os perfilhos ou ramificações foram avaliados duas vezes por semana durante um ciclo de avaliação em cada estação do ano, ou seja, até atingir 95% de IL, momento determinado para o manejo de desfolhação (corte). A cada avaliação foram mensurados em centímetros, o comprimento do pseudocolmo ou caule, comprimento da lâmina foliar, além do registro de novas folhas surgidas por perfilhos e por avaliação, e verificação das lâminas foliares expandidas e senescentes (BIRCHAM E HODGSON, 1983; LOPES DE SÁ *et al.*, 2015). As lâminas foliares foram classificadas como expandidas quando apresentavam a lígula totalmente exposta e como lâmina foliar morta quando o limbo foliar estava com 50% ou mais comprometido pela senescência (BIRCHAM E HODGSON, 1983). Na avaliação das leguminosas, a folha era considerada completamente expandida quando apresentava crescimento estabilizado em comprimento e largura em duas avaliações consecutivas e considerada morta quando se desprendia do caule.

As medidas de comprimento foram realizadas através de régua graduada em centímetros e as anotações e registros foram realizados em planilhas de campo previamente elaboradas. A partir dos dados registrados em campo foram realizados os cálculos para determinação das variáveis-respostas descritas abaixo:

2.2 Variáveis resposta - morfogênese

a) Taxa de aparecimento foliar e Filocrono (TApF e FILOC):

A TApF é o número de lâmina foliar viva por perfilho surgidas durante o período de avaliação, ou seja, durante o período de descanso. A TApF foi calculada de acordo com a Equação 1 (WILHELM E MCMASTER, 1995).

$$TapF = \frac{NFN}{\text{duração da avaliação (dias)}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

TApF = taxa de aparecimento foliar (lâmina foliar perfilho⁻¹ dia⁻¹);

NFN = número de lâmina foliar nova aparecida no período avaliado;

O FILOC, dias lâmina foliar⁻¹, é o intervalo de tempo necessário para o aparecimento de duas lâminas foliares consecutivas e é o inverso da TApF (EQUAÇÃO 2) (SKINNER E NELSON, 1995).

$$FILOC = \frac{1}{TApF} \quad (\text{Equação 2})$$

b) *Taxa de alongamento foliar (TAIF):*

A TAIF é a variação média no comprimento da lâmina foliar em expansão durante o período de avaliação. É obtida por meio da diferença entre o comprimento final (último dia de avaliação, ou seja, um dia antes do corte) e inicial (primeiro dia de avaliação, ou seja, no dia após o corte) das lâminas foliares de cada perfilho dividido pelo número de dias de avaliação (EQUAÇÃO 3) (SKINNER E NELSON, 1995).

$$TAIF = \frac{\Sigma(CAF - CIF)}{\text{duração da avaliação (dias)}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

TAIF = taxa de alongamento foliar (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹)

CAF = comprimento acumulado da lâmina foliar (cm)

CIF = comprimento inicial da lâmina foliar (cm)

c) *Taxa de senescência foliar (TSF):*

A TSF, em cm perfilho⁻¹ dia⁻¹, é a variação média no comprimento da porção senescente da lâmina foliar, resultado do produto entre o comprimento da lâmina foliar senescente e a proporção de tecido senescente observada ao longo do período de avaliação, ou seja, é a diferença entre o comprimento da lâmina foliar inicial e final (BIRCHAM E HODGSON, 1983).

d) *Duração de vida da lâmina foliar (DVF):*

A DVF é o intervalo médio de tempo, entre o surgimento e a morte de uma lâmina foliar. Sua obtenção foi com base na Equação 4 (LEMAIRE E AGNUSDEIZ, 2000).

$$DVF = NFV \times FILOC \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

DVF = duração de vida da lâmina foliar (dias)

NFV = número de lâmina foliar viva por perfilho

e) *Taxa de alongamento do colmo/caule (TAIC):*

A TALC, em cm perfilho⁻¹ dia⁻¹, é a variação média no comprimento do pseudocolmo ou caule durante o período de avaliação, e foi obtida por meio da diferença entre o comprimento final (último dia de avaliação, ou seja, um dia antes do corte) e inicial (primeiro dia de avaliação) dos pseudocolmos ou caules de cada perfilho ou ramificação dividido pelo número de dias (EQUAÇÃO 5) (SBRISIA E SILVA, 2001).

$$TALC = \frac{(TFc - Tlc)}{\text{duração da avaliação (dias)}} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

TALC = taxa de alongamento do pseudocolmo ou caule (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹)

TFc = tamanho final do pseudocolmo ou caule (cm)

Tlc = tamanho inicial do pseudocolmo ou caule (cm)

f) Taxa de alongamento em largura (TAIL)

A TAIL é a variação média em largura das folhas de leguminosas durante o período de avaliação e foi obtida por meio da diferença entre a largura final (último dia de avaliação, ou seja, um dia antes do corte) e inicial (primeiro dia de avaliação) das folhas de cada ramificação dividido pelo número de dias (EQUAÇÃO 6). A TAIL foi utilizada apenas para determinar o momento de expansão da folha. Quando a folha apresentou duas medidas de TAIL repetidas, a folha foi considerada totalmente expandida.

$$TAIL = \frac{(LF - LI)}{\text{duração da avaliação (dias)}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

TAIL = taxa de alongamento em largura (cm folha⁻¹ dia⁻¹)

LF = largura final (cm)

LI = largura inicial (cm)

g) Taxa de alongamento do pecíolo (TAIP):

A TAIP é a variação média no comprimento do pecíolo durante o período de avaliação, e foi obtida por meio da diferença entre o comprimento final (último dia de avaliação, ou seja, um dia antes do corte) e inicial (primeiro dia de avaliação) dos pecíolos de cada ramificação dividido pelo número de dias (EQUAÇÃO 7).

$$TAIP = \frac{(TFP - TIP)}{\text{duração da avaliação (dias)}} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

TAIP = taxa de alongamento do pecíolo (cm ramificação⁻¹ dia⁻¹)

TFP = tamanho final do pecíolo (cm)

TIP = tamanho inicial do pecíolo (cm)

Ao atingir a meta de desfolhação de 95% de IL foi determinado o índice de área foliar (IAF) com o uso do radiômetro. Foram realizadas semanalmente leituras da interceptação luminosa em cada canteiro, até a obtenção de 95% de IL. Aos 95% de IL, antes do corte foi determinada a altura do dossel com auxílio de bastão medidor em cada ciclo. Concomitantemente foram realizadas leituras de qualidade da luz (relação vermelho, vermelho distante) acima do dossel de cada forrageira e em cada sombreamento, utilizando-se um medidor de luz vermelha e vermelho distante modelo LightScout Red/Far Red Meter.

2.3 Avaliações fisiológicas

Quando as sub-parcelas atingiam 95% de IL, foram realizadas leituras dos teores de clorofila *a* e *b*, às dez horas da manhã do dia do corte, posicionando-se o equipamento no terço médio da primeira lâmina foliar/folha completamente expandida, em 6 (seis) plantas de cada sub-parcela, utilizando-se um clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL 1030. Para avaliar a taxa fotossintética (*A*), condutância estomática (*G_s*), taxa transpiratória (*E*) e temperatura da folha (*TFol*), utilizou-se um analisador de gás com infravermelho portátil (IRGA) modelo LCpro-SD Opti-Sciences com intensidade luminosa artificial de 1.200 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para as gramíneas e 1.000 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para leguminosas, e calculou-se posteriormente a eficiência no uso da água (*EUA*, *A/E*).

2.4 Avaliação produtiva e dos componentes morfológicos

Após as avaliações fisiológicas realizadas em campo e uma vez observada IL de 95% do dossel, foram colhidas três amostras de 0,5 metro quadrado em áreas delimitadas por moldura de vergalhão. As plantas de gramíneas foram cortadas a 20 cm do solo e as de leguminosas a 50% da altura das plantas no momento do corte. Posteriormente à amostragem, o restante do canteiro foi roçado para iniciar um novo ciclo de crescimento. Após colheita, a forragem verde foi pesada e separadas seis sub-amostras, sendo três sub-amostras utilizadas para determinação de composição morfológica (lâminas foliares ou folhas, pseudocolmo ou caule, forragem morta e inflorescência e vagem, no caso da macrotiloma). As outras três sub-amostras foram utilizadas para determinação do número de perfilhos ou ramificações. Por apresentar característica de planta volúvel, as ramificações da macrotiloma não foram quantificadas. Para determinação do peso de massa seca das frações, perfilhos e ramificações, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada à 65 °C por 72 horas ou até peso constante. A produtividade do ciclo foi obtida pelo peso de massa seca dos perfilhos ou ramificações. A relação entre lâmina foliar/folha e colmo/caule foi determinada com a massa seca das frações.

2.5 Análise estatística

As cultivares foram avaliadas separadamente. As médias das características morfológicas e estruturais referentes aos períodos chuvoso e seco, foram submetidas à análise de variância. As interações significativas foram desdobradas, adequadamente. O fator qualitativo (estação do ano) foi submetido à análise de variância e comparado a 5% de probabilidade, e o quantitativo (sombreamento), à análise de regressão linear. A melhor equação ajustada foi escolhida de acordo com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica. O número total de ciclos de cada sub-parcela não foi comparado estatisticamente, por serem valores absolutos.

Os dados de massa seca foram apresentados somando-se a produção de cada ciclo de crescimento ao longo de um ano de avaliação e convertidos de kg m^2 para $\text{kg por ha ano}^{-1}$ para melhor discussão dos mesmos. Os dados de componentes morfológicos foram apresentados e avaliados em porcentagem da massa seca total da forragem amostrada.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear no programa estatístico R (2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sombreamento artificial não exerceu influência ($P>0,05$) sobre a relação vermelho:vermelho distante (V:Ve) sobre o dossel das plantas forrageiras avaliadas (TABELA 3). Por muitos anos os estudos sobre o efeito de sombreamento no crescimento das plantas, assumiam que o sombreamento era sinônimo de uma diminuição da intensidade da luz e as mudanças na distribuição espectral que ocorrem na sombra natural e os efeitos de luz da qualidade espectral diferente no crescimento das plantas foram ignoradas (CORRÉ, 1983). No entanto, o sombreamento artificial embora eficiente na redução da radiação fotossinteticamente ativa, não altera a qualidade da luz (GAUTIER *et al.*, 1999; DE ANDRADE *et al.*, 2004). A composição espectral da luz é alterada nas folhas, principalmente como consequência da absorção da luz pela clorofila. Sombreamentos naturais reduzem a relação V:Ve, enquanto sombreamentos artificiais não afetam essa relação.

Tabela 3. Relação vermelho:vermelho distante (V:Ve) sobre o dossel de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
V:Ve	1,09	1,11	1,18	1,07	0,5644	0,2317	0,0903	0,1571

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

A menor relação V:Ve em sistema de sombreamento natural foi observada por Rodrigues *et al.* (2014) sobre o dossel de capim-braquiária em sistema silvipastoril em Prudente de Moraes-MG. Os autores encontraram menor relação V:Ve ao lado das linhas do componente arbóreo, resultado relacionado com a maior variação no comprimento de onda causada pela absorção de radiação pelas copa das árvores. Espera-se que uma baixa relação V:Ve aumente a respiração nas espécies tropicais, porque a demanda de energia do caule ou colmo para o estiolamento aumenta (CORRÉ, 1983). As mudanças nas taxas de respiração podem ser mais complexas, porque os da relação V:Ve também podem influenciar os processos que demandam energia.

3.1 Fluxo de tecidos, produção e fisiologia de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos

A taxa de aparecimento foliar (TApF) e o filocrono (FILOC) apresentaram diferenças significativas para estação do ano ($P<0,05$) durante o período experimental (TABELA 4). O nível de sombreamento (ABRAHAM *et al.*, 2014) e o aporte de nitrogênio (PEREIRA *et al.*, 2015) exercem grande influência sobre a TApF e consequentemente sobre o FILOC, o que pode estar relacionado com o maior acúmulo de N na zona de divisão celular e com a duração do

crescimento dentro da bainha até que a lâmina foliar esteja visível. A estação primavera/verão causou maior TApF e consequentemente, menor FILOC para o capim-mavuno, devido às maiores taxas metabólicas durante essa estação causadas por temperaturas elevadas registradas no período (TABELA 2). Não houve diferenças significativas entre os sombreamentos ($P>0,05$), o que pode ter sido causado pelas melhores condições de disponibilidade de nutrientes, incluindo o N em condições de sombreamento, fator que pode ter superado a menor radiação disponível. Tal fato corrobora resultados encontrados por Lopes *et al.* (2017) avaliando a *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (capim-braquiária) sob três níveis de sombreamento natural (0, 30 e 70%) e dois níveis de adubação (presença e ausência de N-P-K) em Coronel Pacheco-MG. Os autores não encontraram efeito do sombreamento na ausência de fertilizantes, no entanto, a adubação aumentou a TApF em pleno sol e 70% de sombra, sugerindo uma estratégia na qual as plantas direcionam maiores quantidades de nutrientes para a síntese de novas folhas no dossel. Pois, a primeira é devido a maior quantidade de radiação disponível e a segunda pela maior necessidade de exposição do dossel à radiação. Paciullo *et al.* (2011) avaliando características morfogênicas de quatro cultivares do gênero *Brachiaria* (*B. ruziziensis* cv. Comum, *B. decumbens* cv. Basilisk e *B. brizantha* cvs. Marandu e Xaraés) sob três níveis de sombreamento artificial (0, 36 e 54%) e quatro doses de N (0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ N de solo) em Juiz de Fora-MG. Os autores não encontraram variações na TApF de acordo com o nível de sombreamento, corroborando resultados encontrados para o capim-mavuno no presente experimento.

A taxa de alongamento foliar (TAIF) e do pseudocolmo (TAIC) apresentaram diferenças entre as estações avaliadas ($P<0,05$), no entanto, apenas a TAIF apresentou entre os sombreamentos e interação significativa entre os fatores sombreamento e estação do ano (TABELA 4). Em condições ideais de umidade e aporte de nutrientes, as mudanças sazonais, principalmente em radiação e temperatura exercem grande influência sobre o crescimento das plantas (PARSONS, 1988), uma vez que a taxa fotossintética é reduzida durante o inverno e há menor capacidade de absorver e transportar nutrientes (ALENCAR *et al.*, 2009). Foi observado também maior altura do dossel para plantas de capim-mavuno cultivadas sob sombreamento, apesar da TAIC não ter sido influenciada por esse fator. Tal observação pode ter sido causada pela mudança na angulação de folhas (GOBBI *et al.*, 2009) e no crescimento de colmos mais eretos. Paciullo *et al.* (2011) encontraram maior TAIC para gramíneas do gênero *Brachiaria* cultivadas sob 54% de sombreamento, diferindo do presente trabalho. O crescimento acentuado do colmo é comum em plantas sombreadas, e é considerado uma estratégia para compensar a redução da luminosidade (PACIULLO *et al.*, 2008). Assim, o processo de alongamento de plantas

forrageiras submetidas ao sombreamento é um mecanismo no qual essas plantas procuram por luz elevando suas folhas sobre o dossel forrageiro (PACIULLO *et al.*, 2011).

É notável maiores valores de TAlF e TAIC durante a estação quente e chuvosa do ano, representada pela estação “primavera/verão” (TABELA 4), situação causada pelo maior potencial fotossintético das plantas durante esse período, uma vez que durante a estação fria (outono/inverno) o metabolismo das plantas é reduzido. O maior potencial fotossintético de plantas forrageiras durante a primavera e verão é atribuído ao alongamento dos entrenós do colmo o que eleva os pontos de crescimento para que as folhas novas se desenvolvam na parte superior do dossel, relativamente livre do sombreamento de folhas mais velhas (PARSONS, 1988). Reduções na TAlF e na TAIC também foram observadas por Paciullo *et al.* (2008) para capim-braquiária durante o inverno, mesmo para plantas cultivadas em pleno sol, em Coronel Pacheco-MG, evidenciando a redução do metabolismo das forrageiras durante essa estação.

O índice de área foliar (IAF) do capim-mavuno não variou em função do sombreamento ($P=0,8020$), da estação do ano ($P=0,6690$) e da interação entre os fatores ($P=0,7160$) (TABELA 4). O aumento da área foliar e o mesmo número de lâminas foliares vivas por perfilho (NFV) pode ter contribuído para a não alteração do IAF do capim-mavuno, uma vez que IAF é produto da densidade populacional de perfilhos (DPP) e da área foliar por perfilho (GOBBI *et al.*, 2009). Gobbi *et al.* (2009) avaliaram o IAF de capim-braquiária sob 0, 50 e 70% de sombreamento artificial em Viçosa-MG, os autores encontraram influência do sombreamento no IAF apenas no segundo corte, o que pode ter sido causado pelo maior gasto de energia para rebrota. Estudo realizado com capim-braquiária em sistema silvipastoril por Coelho *et al.* (2014) em Prudente de Moraes-MG também não apresentou diferenças no IAF de capim-braquiária avaliado sob sombreamento natural ou em pleno sol. O aumento no comprimento da lâmina foliar pode compensar o menor perfilhamento e assim, não alterar o IAF do pasto (PACIULLO *et al.*, 2008; COELHO *et al.*, 2014).

Tabela 4. Características morfológicas e estruturais de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. EPM = erro padrão da média

Item ¹	Sombreamento (%)				EPM	Estação ²			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	73		Outono/Inverno	Primavera/Verão	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
Características morfológicas											
TApF	0,05	0,07	0,07	0,06	0,02	0,04	0,08	0,02	0,4180	<0,001	0,7350
TAIF	0,38	0,87	1,51	1,52	0,51	0,55	1,59	0,25	0,0122	0,0023	0,0021
TAIC	0,04	0,09	0,11	0,10	0,06	0,04	0,12	0,09	0,0761	0,0002	0,1058
TSeF	0,005	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005	0,003	0,3330	0,1940	0,8940
FILOC	22,51	15,45	22,03	15,78	8,07	26,08	11,08	5,62	0,3410	0,0250	0,9680
Características estruturais											
NFV	7,33	7,17	6,00	7,59	1,50	6,92	7,12	1,33	0,2590	0,1690	0,109
CFLF	10,13	16,20	20,29	21,93	5,46	14,51	19,77	3,84	0,0478	0,1524	0,3913
DVF	50,10	40,60	43,50	45,35	7,21	61,33	28,45	7,30	0,1423	<0,001	0,0048
IAF	3,17	3,89	3,53	2,77	0,20	3,47	3,21	0,14	0,8020	0,6690	0,7160

¹TApF=taxa de aparecimento foliar (folha d⁻¹), TAIF=taxa de alongamento foliar (cm d⁻¹), TAIC=taxa de alongamento do colmo (cm d⁻¹), TSeF=taxa de senescência foliar (cm d⁻¹), FILOC=filocrono (dias lâmina foliar⁻¹) NFV=número médio de lâminas foliares vivas (lâmina foliar perfilho⁻¹), CFLF=comprimento final da lâmina foliar (cm), DVF=duração de vida da lâmina foliar (dias), IAF=índice de área foliar

²Outono/Inverno=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão=setembro de 2017 a março de 2018

O comprimento final da lâmina foliar (CFLF) apresentou resposta linear positiva em função dos sombreamentos ($9,9035+0,1608x$; $R^2=0,9821$). A relação entre a TAIF e a TA_pF determinam o CFLF, no entanto, variações em ambas as variáveis de acordo com o manejo da forrageira ou com flutuações climáticas, podem ocasionar aumento do comprimento da lâmina foliar (ROMA *et al.*, 2012).

A estação primavera/verão proporcionou maior TAIF para o capim-mavuno a partir de 30% de sombreamento (TABELA 5), devido às maiores temperaturas do ar (DAVIES E THOMAS, 1983) e a maior radiação disponível (PARSONS, 1988). Consequente maiores taxas metabólicas, maior absorção e transporte de nutrientes e produção de massa seca (PARSONS, 1988; ALENCAR *et al.*, 2009). Maiores TAIF também foram observadas por De Carvalho *et al.* (2016) para capim-marandu durante a primavera/verão comparada com as estações secas do ano, devido às condições mais favoráveis de crescimento durante essa estação. Durante a estação primavera/verão, a TAIF apresentou resposta quadrática em função dos sombreamentos e durante a estação outono/inverno, a variação não foi significativa, apresentando média de 0,71 cm dia⁻¹ (TABELA 5). Essa resposta evidencia a alocação de fotoassimilados pelas plantas na expansão das lâminas foliares em busca de maior luminosidade, o que justifica o maior CFLF sob sombreamento (LOPES *et al.*, 2017). O sombreamento também não exerceu influência sobre a TAIF durante o inverno para capim-braquiária cultivado sob 0, 18 e 50% de sombreamento natural em Coronel Pacheco-MG, mantendo uma média de 0,52 cm dia⁻¹ (PACIULLO *et al.*, 2008). Nesse contexto, é válido ressaltar que o capim-mavuno é um híbrido de *Brachiaria ruziziensis* e *B. brizantha*, o que justifica a maior TAIF mesmo durante o inverno quando comparada com o capim-braquiária.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da taxa de alongamento foliar¹ (cm d⁻¹) de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
TAIF ¹	0	0,26	0,50
	30	0,45*	1,29
	45	0,59*	2,44
	73	0,91*	2,13
Desdobramento para sombreamento nas as duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\hat{Y}=0,4691+0,0261x-0,00002x^2$	0,8430	<0,0001
Inverno	$\bar{x}=0,48$	-	0,1456

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

O número de lâminas foliares vivas (NFV) não variou ($P>0,05$) de acordo com o sombreamento, a estação do ano ou da interação sombreamento e estação do ano (TABELA 4).

O NFV máximo de um perfilho é uma constante genotípica (DAVIES, 1974) e se estabiliza quando as folhas mais velhas começam a senescer. Com 95% de IL inicia-se o processo de senescência, com a morte de uma folha para cada nova surgida, mantendo um NFV máximo e estável (SILVA *et al.*, 2008). Segundo Lemaire (1996), o NFV por perfilho, apesar de determinado geneticamente, pode variar com as condições de meio e de manejo do pasto. Portanto, no presente estudo sombreamento não foi capaz de influenciar o NFV e esses resultados corroboram trabalho de Paciullo *et al.* (2008) com capim-braquiária sob sombreamento natural em Coronel Pacheco-MG.

As variáveis duração de vida da lâmina foliar (DVF) e duração média do ciclo (DMC) variaram de acordo com a interação sombreamento e estação do ano ($P < 0,05$), estação do ano e a DMC variou de acordo com o sombreamento (TABELA 4).

A DVF foi maior em todos os sombreamentos avaliados no período do outono/inverno quando comparado com o período da primavera/verão (TABELA 6). As variações na DVF são relacionadas às mudanças nos fatores de crescimento, como a temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade ao longo do ano que refletem nos mecanismos adaptativos para assegurar a rebrotação e perenidade, como o aumento na DVF (PACIULLO *et al.*, 2008). A maior DVF está relacionada com taxas mais rápidas de fixação de C e crescimento, enquanto DVF menores estão relacionadas com o maior tempo de permanência dos nutrientes dentro da planta (NAVAS *et al.*, 2003). Assim, durante a primavera/verão na qual as plantas possuem melhores condições de crescimento e maiores taxas metabólicas, a DVF foi menor que no inverno, independentemente do nível de sombreamento (TABELA 6). A maior DVF durante o inverno também foi observada em capim-braquiária cultivado em sistema silvipastoril em Coronel Pacheco-MG independentemente do nível de sombreamento no qual o capim se encontrava (PACIULLO *et al.*, 2008).

Durante a primavera/verão, observou-se que o nível de sombreamento exerceu resposta quadrática sobre a DVF (TABELA 6). No entanto, essa resposta não foi observada durante o período outono/inverno, no qual a DVF foi constante ($P = 0,0743$) e apresentou média de 61,33 dias. Maiores DVF estão associadas com condições que proporcionam menores taxas fotossintéticas, como sombreamento e baixas temperaturas, uma vez que DVF maiores proporcionam maior assimilação do C (CHABOT E HICKS, 1982). Resposta semelhante a do presente estudo na primavera/verão, em que o nível de sombreamento influenciou de forma quadrática a DVF, foi observada em capim-marandu cultivado sob 0, 20 e 70% de sombreamento natural, com maior valor estimado de 60,2 dias sob sombreamento moderado (LOPES *et al.*, 2017).

Tabela 6. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da duração de vida da folha¹ (d) de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
DVF	0	62,01*	38,20
	30	54,42*	26,78
	45	63,34*	23,67
	73	65,55*	25,15
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\hat{Y}=38,27-0,4065x+0,003x^2$	0,9863	0,0076
Inverno	$\bar{x}=61,33$	-	0,0743

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

Os dias de duração média do ciclo (DMC) variou de acordo com o nível de sombreamento ($P=0,0218$), a estação do ano ($P<0,001$) e a interação sombreamento e estação ($P=0,0010$) (TABELA 7).

Já o número total de ciclo (NTC) foi maior em sombreamentos intermediários, ao passo que na ausência de sombra e no sombreamento intenso não houve diferença (TABELA 7). O maior número de ciclos em sombreamentos intermediários pode estar relacionado com a redução da evapotranspiração do dossel (DE ANDRADE *et al.*, 2004), o que melhora o microclima e favorece o crescimento e a produção de forragem nessa condição, sem ser prejudicada pelo excesso de sombreamento (DE ANDRADE *et al.*, 2004; PACIULLO *et al.*, 2008).

Tabela 7. Duração média do ciclo¹ (d) e número total de ciclos² de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)				EPM	Estação ³			EPM	p-valor		
	0	30	45	73		O/I	P/V			Sombra	Estação	Est*Som
DMC ¹	88,17	81,33	73,50	78,04	19,53	114,27	46,25	10,64		0,0218	<0,001	0,0010
NTC ²	3	4	5	3	-	-	-	-		-	-	-

EPM=erro padrão da média. ³Outono/Inverno(O/I)=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão(P/V)=setembro de 2017 a março de 2018

Todos os sombreamentos apresentaram maior DMC durante o outono/inverno, devido à menor TApF, TAIF, TAIC e maior DVF. Tal fato ocorre porque o tempo para atingirem 95% de IL foi maior (TABELA 8). As gramíneas forrageiras de clima tropical apresentam temperatura ótima de crescimento a partir de 35 °C, reduzindo seu metabolismo quando expostas a temperaturas próximas de 15 °C (SILVA *et al.*, 2008). No presente estudo, as temperaturas médias em todos os sombreamentos se encontraram abaixo de 25 °C (TABELA 2), o que pode ter reduzido o metabolismo e influenciado o crescimento do capim-mavuno e, consequentemente, aumenta a DMC. Carneiro *et al.* (2007) encontraram média de 22 dias de

intervalo entre pastejos para pastos de *B. brizantha* cv. Xaraés (capim-xaraés) manejados com 95% de IL, de setembro a fevereiro, valor abaixo do encontrado para o capim-mavuno sem sombreamento, o que ressalta a importância da temperatura para o crescimento de gramíneas tropicais. Durante o verão, a DMC apresentou resposta quadrática em função do sombreamento ($P=0,0020$), entretanto, não foi observada variação na DMC entre os sombreamentos no período do inverno ($P<0,05$) e média de 114,27 dias.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da duração médio do ciclo¹ (d) de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
DMC ¹	0	106,33*	70,00
	30	118,67*	44,00
	45	114,00*	33,00
	73	118,09*	38,00
Desdobramento para sombreamento para as duas estações do ano avaliadas			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\hat{Y}=70,28-0,9385x+0,0065x^2$	0,9639	0,0020
Inverno	$\bar{x}=114,27$	-	0,6797

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

Para atingir a meta de manejo de 95% de IL sob sombreamento, na qual o acúmulo de forragem é máximo, pastos de capim-mavuno demandarão períodos de descanso maiores e não devem ser manejados da mesma forma que plantas cultivadas em pleno sol.

3.2 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos

O sombreamento influenciou ($P<0,05$) a produção de massa seca total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹), a porcentagem de lâminas foliares (%LF), porcentagem de pseudocolmo (%Pc) e a relação entre lâmina foliar e pseudocolmo (FL:Pc) do capim-mavuno, mas não apresentou influência sobre a porcentagem de forragem morta (%FM) e de inflorescência (%Inflo) (TABELA 9). Alguns trabalhos têm mostrado que o sombreamento não influencia a produção de folhas (PACIULLO *et al.*, 2008; GOBBI *et al.*, 2009a; SANTIAGO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016; CRESTANI *et al.*, 2017), o que é contrário ao apresentado no presente trabalho. A maior proporção de folhas em dosséis sombreados evidencia a priorização de alocação de fotoassimilados no alongamento e alargamento de folhas existentes, objetivando o aumento de captação de radiação. Maior %LF também foi reportado por Lopes *et al.* (2017) para a *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) em sistema silvipastoril com dois sombreamentos naturais de 20 e 70%, em Coronel Pacheco-MG.

O sombreamento influenciou negativamente o perfilhamento do capim-mavuno ($P<0,05$). O mesmo foi observado em diversos trabalhos com gramíneas do gênero *Brachiaria* (GOBBI *et al.*, 2009; MARTUSCELLO *et al.*, 2009; PACIULLO *et al.*, 2012; FARIA *et al.*, 2018). O sombreamento intenso reduziu o perfilhamento em até 70% em relação às plantas cultivadas em pleno sol (TABELA 9), tal fato ocorre devido à maior alocação de fotoassimilados para o crescimento dos perfilhos existentes em detrimento da formação de novos perfilhos (GOBBI *et al.*, 2009; MARTUSCELLO *et al.*, 2009).

Apesar da grande plasticidade fenotípica das gramíneas do gênero *Brachiaria* (PACIULLO *et al.*, 2008), a partir de 45% de sombra a PMS do capim-mavuno apresentou grande redução. Como a produção de forragem é produto da densidade populacional e do peso dos perfilhos, a redução no perfilhamento (GOBBI *et al.*, 2009) explica a redução de 72,5% na produção de PMS sob 73% de sombreamento em relação ao sombreamento de 30%, que inclusive apresentou maior produção que em pleno sol (TABELA 9). Maior PMS também foi observada para a *B. decumbens* (capim-braquiária) sob 50% de sombreamento (PACIULLO *et al.*, 2008) e sob 29 e 45% ambas em Coronel Pacheco-MG (CASTRO *et al.*, 2010).

Tabela 9. Porcentagem de lâminas foliares (%LF), de pseudocolmos (%Pc), de forragem morta (%FM), inflorescência (%Inflo), relação lâminas foliares e pseudocolmo (LF:Pc), produção total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) e perfilhamento (PERF, perfilhos kg MV⁻¹) de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
%LF	56,17	66,98	69,95	72,73	0,0121	0,0439	0,1035	11,26
%Pc	31,24	28,02	20,54	24,36	0,0170	0,0583	0,0304	7,95
%FM	12,55	4,89	9,37	2,68	0,0877	0,2368	0,1661	6,04
%Inflo	0,04	0,12	0,15	0,21	0,4214	0,7211	0,8836	0,47
LF:Pc	2,18	2,54	3,47	3,71	0,0115	0,0305	0,0554	1,43
PMS	18346,51	18575,02	8945,37	5107,15	0,0191	0,0176	0,0115	1344
PERF	1080	734	598	321	<0,001	<0,001	<0,001	328

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

A altura do dossel (cm) apresentou aumento à medida que o sombreamento se intensificou (TABELA 10), uma estratégia conhecida como estiolamento, na qual há o aumento da sua estatura em busca de luminosidade (PACIULLO *et al.*, 2008). Maiores alturas de dossel também foram observadas para *Axonopus catharinensis* (grama missinoneira gigante), *Brachiaria brizantha* (capim-marandu), *P. maximum* (capim-arua), *Hemarthria altissima* (capim-hemátia), *Cynodon* spp. (capim-tifton 85) por Baldissera *et al.* (2016) em Ponta Grossa-PR manejadas com 95% de IL em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta comparadas com plantas cultivadas em monocultivo com a mesma IL. Esse resultado corrobora os encontrados na literatura para o capim-braquiária, capim-marandu e capim-xaraés, todos do

gênero *Brachiaria* (GOBBI *et al.*, 2009; MARTUSCELLO *et al.*, 2009). Isso indica que a altura de dossel correspondente a meta de manejo de 95% de IL é variável para o capim-mavuno submetido a diferentes níveis de sombreamento, contradizendo Sbrissia e Silva (2001) que propõe uma correlação muito alta e consistente independentemente da época do ano e do estágio fisiológico das plantas.

Tabela 10. Altura do dossel (cm) de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
ALT	40,71	48,37	57,23	65,96	<0,001	<0,001	<0,001	14,48

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

Com o sombreamento, o capim-mavuno apresentou redução na taxa fotossintética (*A*), taxa respiratória (*E*) e condutância estomática (*gs*) (TABELA 11), entretanto, sob 45% de sombreamento apresentou maior eficiência no uso da água (*EUA*). De forma similar ao observado no capim-mavuno no presente trabalho, Santiago-Hernández *et al.* (2016) encontraram menor *E* sob sombreamento para *B. brizantha* cv. Oaxaca e Yacaré e *P. maximum* cv. Tanzânia e Mombaça, comparadas com plantas cultivadas sob pleno sol em Veracruz, no México. Entretanto, no mesmo estudo foi observado diferenças para a *A* e *gs* apenas entre estações do ano, mas não entre plantas sombreadas ou não. Menor *gs* foi reportada por Santos *et al.* (2017) para o capim-marandu cultivado em sistema silvipastoril comparado com o monocultivo em Viçosa-MG, assim como o encontrado no presente trabalho para o capim-mavuno. O sombreamento proporciona menor abertura estomática (SANTOS *et al.*, 2017), menor evapotranspiração, consequentemente maior temperatura da lâmina foliar (*TFol*) pela menor perda de calor (MONTEIRO *et al.*, 2016) e assim, menor *gs*, *E* e menor *A*, o que no caso do capim-mavuno resultou em menor PMS (TABELA 9).

O aumento do sombreamento influenciou positivamente os teores de clorofila *a* e *b* de capim-mavuno (TABELA 11), tal fato pode ser relacionado ao melhor desenvolvimento do grana em plantas sombreadas (BOARDMAN, 1977). Assim, plantas de capim-mavuno sombreadas apresentam maior teor de clorofila *b*, fato que tende a ser vantajoso, pois permite a absorção de menor radiação, garantindo a taxa fotossintética e a produção de forragem (MARTUSCELLO *et al.*, 2009). Resultados semelhantes foram encontrados na literatura para gramíneas do gênero *Brachiaria* sob sombreamento (MARTUSCELLO *et al.*, 2009; RAMOS *et al.*, 2018).

Tabela 11. Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), temperatura da lâmina foliar (T_{fol} , $^{\circ}\text{C}$) e teores de clorofila a e b de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				p -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
<i>A</i>	11,04	10,97	7,50	6,29	<0,001	<0,001	<0,001	4,89
<i>E</i>	0,97	0,94	0,85	0,83	0,0141	0,0350	0,0573	0,36
<i>g_s</i>	0,09	0,07	0,05	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	0,03
<i>EUA</i>	12,00	10,63	8,32	8,19	<0,001	<0,001	<0,001	5,19
<i>T_{fol}</i>	23,20	24,03	24,56	24,76	<0,001	<0,001	<0,001	1,45
Clorofila <i>a</i>	24,24	28,89	30,77	31,51	<0,001	<0,001	<0,001	3,36
Clorofila <i>b</i>	6,52	9,18	10,88	11,81	<0,001	<0,001	<0,001	3,32

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico).
EPM=erro padrão da média

3.3 Fluxo de tecidos em BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos

As taxas de aparecimento foliar (TApF), de senescência foliar (TSF) e filocrono (FILOC) do BRS Zuri variaram em função da interação sombreamento e estação do ano (TABELA 12). A taxa de alongamento foliar (TAIF) e de pseudocolmo (TAIC) não variou em função de nenhum dos fatores avaliados ($P>0,05$).

O número de lâminas foliares vivas (NFV) não foi influenciado pelos fatores avaliados ($P>0,05$). Uma vez que o NFV é determinado por características genéticas, além de ser influenciado pelas condições ambientais e pelo suprimento de N (NETO *et al.*, 2002; ALEXANDRINO *et al.*, 2005), a maior disponibilidade de nutrientes no solo e menor evapotranspiração em condições de sombreamento equilibraram a menor disponibilidade de radiação sobre o dossel, não alterando o NFV do BSZ Zuri. Ferreira (2017) encontrou média de 4,5 folhas vivas por perfilho para genótipos de *Panicum maximum*, similar ao encontrado para o BRS Zuri no presente trabalho.

O índice de área foliar (IAF) do BRS Zuri também não foi influenciado pelo sombreamento ($P=4590$), estação do ano ($P=0,2110$) e interação entre sombreamento e estação do ano ($P=0,1560$). As plantas forrageiras possuem grande plasticidade fenotípica, ou seja, possuem capacidade de ajustar sua morfofisiologia de acordo com as condições ambientais e manejo (DE MIRANDA GOMIDE *et al.*, 2007). Assim, mesmo que haja redução no perfilhamento em dosséis sombreados e que possuam mesmo NFV por perfilho, o maior tamanho final da lâmina foliar (CFLF) (TABELA 12) e seu posicionamento na horizontal em busca da maior IL, resultou em mesmo IAF para plantas de BRS Zuri. O valor de IAF igual a 3 pode ser considerado o valor limite para o perfilhamento e no qual o dossel acumula matéria seca (SIMON E LEMAIRE, 1987), esse valor de IAF está relacionado com o ponto ideal de desfolhação, 95% de IL. Em experimento realizado com *P. maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia) com três intensidades de pastejo em Piracicaba-SP, Mello e Pedreira (2004) encontraram valores médios de IAF próximos a 3,5 quando o dossel interceptava 95% de radiação, semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Tabela 12. Características morfogênicas e estruturais de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. EPM = erro padrão da média

Item ¹	Sombreamento (%)				EPM	Estação ²			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	73		Outono/Inverno	Primavera/Verão	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
Características morfogênicas											
TApF	0,07	0,07	0,06	0,05	0,02	0,06	0,07	0,01	0,7828	0,6584	0,0002
TAIF	2,34	1,92	2,18	2,01	0,78	1,67	2,55	0,48	0,5635	0,1302	0,0809
TAIC	0,15	0,07	0,04	0,03	0,09	0,06	0,08	0,09	0,5900	0,0521	0,0972
TSeF	0,03	0,07	0,08	0,08	0,06	0,11	0,02	0,08	0,5897	0,7332	0,0017
FILOC	14,23	15,93	18,73	19,12	4,96	17,82	16,19	3,37	0,7628	0,6597	0,0001
Características estruturais											
NFV	5,17	4,58	6,09	5,25	1,31	5,45	5,09	0,80	0,9952	0,5600	0,0742
CFLF	25,60	28,24	31,75	35,55	8,85	33,90	26,57	3,58	0,0286	0,5472	0,1197
DVF	17,56	23,89	43,66	42,15	9,55	43,17*	20,45	9,06	0,0026	0,0058	<0,001
IAF	3,23	3,45	3,31	3,21	0,10	3,28	3,32	0,28	0,4590	0,2110	0,1560

¹TApF=taxa de aparecimento foliar (folha d⁻¹), TAIF=taxa de alongamento foliar (cm d⁻¹), TAIC=taxa de alongamento do colmo (cm d⁻¹), TSeF=taxa de senescência foliar (cm d⁻¹), FILOC=filocrono (dias lâmina foliar⁻¹) NFV=número médio de lâminas foliares vivas (lâmina foliar perfilho⁻¹), CFLF=tamanho final da lâmina foliar (cm), DVF=duração de vida da lâmina foliar (dias), IAF=índice de área foliar

²Outono/Inverno=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão=setembro de 2017 a março de 2018

A TApF foi menor durante o período outono/inverno cultivado sob sombreamentos de 45 a 73% e no pleno sol para o BRS Zuri (TABELA 13). O aparecimento foliar é basicamente determinado pela taxa de alongamento foliar (TAIF) e pelo comprimento da bainha pelo qual as lâminas foliares emergentes crescem (GRANT *et al.*, 1981). Para o BRS Zuri, o maior tamanho final do pseudocolmo sob 45% de sombra e a menor TAIF sob 73% ocasionaram menor TApF. Diferenças na TApF também podem indicar maior prioridade na alocação de fotoassimilados na expansão de lâminas foliares já formadas, em detrimento do desenvolvimento de novos tecidos sob sombreamentos intensos. Para compensar a menor TApF, há aumento na duração de vida das lâminas foliares (DVF) (TABELA 12), de forma que as lâminas foliares existentes aumentam sua duração com o objetivo de aumentar a assimilação de carbono (CHABOT E HICKS, 1982). Durante o outono/inverno, o sombreamento reduziu a TApF ($P=0,0337$), enquanto no período do verão, a variável não foi influenciada pelo nível de sombreamento ($P=0,0947$) (TABELA 10). Roma *et al.* (2012) avaliaram a influência da adubação N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de N) e época do ano nas características morfogênicas de capim-tanzânia, em Maringá-PR. Os autores observaram TApF variando de 0,07 (sem adubação) a 0,09 folha dia⁻¹ (300 kg N ha⁻¹), valores inferiores aos observados para o BRS Zuri, independentemente do nível de sombreamento e estação do ano. A alta disponibilidade de N, durante a estação quente e sob sombreamento, promoveu elevada estimulação do crescimento da planta, com consequente alongamento dos entrenós, empurrando a folha nova para fora da bainha da folha precedente, o que pode ter aumento a TApF (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Tabela 13. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da taxa de aparecimento foliar¹ (folha d⁻¹) de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. Valores seguidos de asterisco (*) são significativamente diferentes a $P<0,05$

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
TApF ¹	0	0,09	0,06*
	30	0,07	0,07
	45	0,04	0,08*
	73	0,04	0,07*
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=0,07$	-	0,7050
Inverno	$\hat{Y}=0,0863-0,007x$	0,8679	<0,001

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

A taxa de senescência foliar (TSeF) do BRS Zuri foi influenciada pela estação do ano em todos os sombreamentos avaliados (TABELA 14), sendo que os maiores valores dessa variável foram observados durante o período do outono/inverno. A maior TSeF registrada durante o período outono/inverno pode ter ocorrido em razão da maior idade média das folhas nesse período (FAGUNDES *et al.*, 2006). Quando avaliado o período do ano, a estação do verão

apresentou TSeF constante para todos os sombreamentos, com média de 0,01 cm d⁻¹ ($P=0,7893$), devido à maior renovação de tecidos sendo favorecida pelo aumento da temperatura e radiação. Enquanto o inverno apresentou TSeF crescente ao longo dos sombreamentos ($P=0,0037$), ou seja, maiores taxas de senescência em sombreamentos mais intensos, devido à maior idade da lâmina foliar (TABELA 12). Santos *et al.* (2004) observaram efeito linear positivo na TSF em pastos de capim-tanzânia manejados com períodos de descanso de 28, 38 e 48 dias, respectivamente, corroborando com resultados obtidos para o BRS Zuri, uma vez que o sombreamento favorece o aumento na DVF e a DVF favorece a TSF.

Tabela 14. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da taxa de senescência foliar¹ (cm d⁻¹) de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. Valores seguidos de asterisco (*) são significativamente diferentes a $P<0,05$

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
TSeF ¹	0	0,13*	0,01
	30	0,13*	0,01
	45	0,12*	0,03
	75	0,16*	0,01
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=0,01$	-	0,7893
Inverno	$\hat{Y}=0,0316+0,0017x$	0,9475	0,0037

*Médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste T de Student a 5% de significância

O FILOC (d lâmina foliar⁻¹) foi influenciado pela estação do ano apenas em sombreamentos acima de 45%, sendo maior durante o inverno (TABELA 15). O BRS Zuri cultivado até 30% de sombreamento apresenta FILOC semelhante ao encontrado por Silveira *et al.* (2010) para os capins tanzânia (10,28 d lâmina foliar⁻¹) e mombaça (9,45 d lâmina foliar⁻¹) em crescimento livre, ou seja, sem manejo de corte. Durante o verão, os sombreamentos não exerceram influência sobre FILOC ($P=0,3219$), que apresentou média de 8,58 dias lâmina foliar⁻¹. Por outro lado, o FILOC apresentou aumento linear ($P=0,0045$) ao longo dos sombreamentos durante o período do inverno. O FILOC varia conforme a estação do ano, das condições de luz, temperatura e umidade no solo (PACIULLO *et al.*, 2003). O maior período necessário para o aparecimento de duas folhas consecutivas, durante o inverno e sob sombreamento, evidencia a situação desfavorável das plantas ao serem submetidas à diminuição da temperatura e do fotoperíodo (LARA E PEDREIRA, 2011).

Tabela 15. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento de filocrono¹ (d lâmina foliar¹) de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. Valores seguidos de asterisco (*) são significativamente diferentes a $P<0,05$

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
FILOC ¹	0	10,53	17,93*
	30	14,61	17,25
	45	23,45*	14,01
	75	22,67*	15,59
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=16,19$	-	0,5567
Inverno	$\hat{Y}=9,9379+0,3080x-0,0017x^2$	0,8346	0,0045

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

O CFLF (cm) do BRS Zuri apresentou resposta linear crescente ($\hat{Y}=25,56+0,1853x$; $R^2=0,7167$) ao longo dos sombreamentos. O aumento da área foliar de plantas sob sombreamento é uma resposta comum para aumentar a capacidade de captura de luz em condições de baixa luminosidade e aumentar o acesso à luz disponível (GOBBI *et al.*, 2009; PACIULLO *et al.*, 2017). Resultados semelhantes aos observados no presente experimento foram reportados para os capins tanzânia e massai sob sombreamento natural (PACIULLO *et al.*, 2017).

O BRS Zuri apresentou maior duração de vida da lâmina foliar (DVF, d) para plantas sombreadas acima de 45% durante o inverno. Os resultados encontrados para o BRS Zuri sob sombreamentos acima de 45% foram similares à DVF dos capins tanzânia (72,08 d) e mombaça (73,59 d) em crescimento sem manejo de corte (SILVEIRA *et al.*, 2010) (TABELA 12). Durante o verão, a DVF média foi de 20,45 dias ($P=0,9572$) para todos os sombreamentos, no entanto, durante o inverno a DVF apresentou resposta quadrática com o aumento do nível de sombreamento ($P<0,001$). O desenvolvimento de folhas novas é um processo oneroso para as plantas em condições de estresse. Afim de reduzir o gasto de reservas e fotoassimilados, DVF aumenta, aumentando assim, o tempo útil da lâmina foliar para a fotossíntese (CHABOTE HICKS, 1982).

Tabela 16. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da duração de vida da lâmina foliar¹ (d) de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. Valores seguidos de asterisco (*) são significativamente diferentes a $P<0,05$

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
DVF ¹	0	14,69	20,42
	30	28,34	19,44
	45	67,55*	19,78
	75	62,12*	22,18
Desdobramento para sombreamento para as duas estações do ano avaliadas			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=20,45$	-	0,9572
Inverno	$\hat{Y}=13,66+0,2938x-0,0058x^2$	0,8076	<0,001

*Médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste T de Student a 5% de significância

A duração média de ciclo (DMC, d) do BRS Zuri não variou em função do sombreamento ($P=0,2830$), estação do ano ($P=0,4390$) e interação entre sombreamento e estação do ano ($P=0,1730$) (TABELA 17). Nesse contexto, segundo Cândido *et al.* (2005), a idade da planta é um dos fatores que mais influenciam o valor nutritivo da planta forrageira, principalmente em plantas de metabolismo C4, uma vez que há o espessamento e lignificação da parede celular para sustentação da mesma. Assim, no presente estudo, como não houve influência dos fatores avaliados sobre a DMC, infere-se que não houve alteração no valor nutritivo da forragem ao longo do ano ou com o aumento do sombreamento.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre o número total de ciclos (NTC) do BRS Zuri até 30% de sombreamento (TABELA 17), reduzindo um ciclo à medida que o sombreamento se intensifica, o que pode influenciar negativamente o aporte de forragem ao longo do ano.

Tabela 17. Duração média do ciclo¹ (d) e número total de ciclos² de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)					Estação ³			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	75	EPM	O/I	P/V	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
DMC ¹	22,50	31,92	41,39	28,92	14,97	37,70	24,67	17,91	0,2830	0,4390	0,1730
NTC ²	8	8	7	6	-	-	-	-	-	-	-

Valores seguidos de asterisco (*) são significativamente diferentes a $P<0,05$ pelo teste T de Student. EPM=erro padrão da média. ³Outono/Inverno(O/I)=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão(P/V)=setembro de 2017 a março de 2018

3.4 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos

O BRS Zuri foi influenciado pelo sombreamento na porcentagem de lâminas foliares (%LF), pseudocolmo (%Pc) e relação lâmina foliar e pseudocolmo (LF:Pc) ($P<0,05$), no entanto, a porcentagem de forragem morta (%FM) e a porcentagem de inflorescência (%Inflo) não foram influenciadas pelo fator (TABELA 18). A maior %LF em relação à %Pc também foi descrita por Jank *et al.* (2008) para acessos de *Panicum maximum* sob sombreamento artificial de 54 e 81%. Na busca de luminosidade, as plantas de BRS Zuri expandem suas lâminas foliares e as posicionam na parte superior do dossel, no entanto, sob 73% de sombreamento a %LF foi semelhante a de pleno sol, ocorrendo aumento em %Pc por efeito do estiolamento e refletindo na menor LF:Pc nesse nível de sombreamento. Esses resultados corroboram os de Dias Rodrigues *et al.* (2016) com *P. maximum* cv. Mombaça (capim-mombaça) manejado com 50 cm, estabelecido em consórcio com palmeiras Babaçu em relação à plantas cultivadas sob pleno

sol, devido à maior alocação de fotoassimilados no alongamento de folhas que colmo em sombreamentos intermediários.

Tabela 18. Porcentagem de lâminas foliares (%LF), de pseudocolmos (%Pc), de forragem morta (%FM), inflorescência (%Inflo), relação lâminas foliares e pseudocolmo (LF:Pc), produção total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) e perfilhamento (PERF, perfilhos kg MV⁻¹) de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
%LF	88,44	93,23	91,32	85,85	0,9974	0,0472	0,1057	8,51
%C	5,90	3,76	5,73	10,61	0,1303	0,0015	0,0045	8,66
%FM	5,61	3,01	2,95	3,53	0,2400	0,4039	0,6149	6,82
%Inflo	0,03	0,00	0,00	0,00	0,1509	0,3120	0,5091	0,07
LF:Pc	45,87	42,86	34,06	9,97	0,0918	0,0318	0,0756	46
PMS	17942,79	14937,19	17957,93	15259,18	0,3864	0,2096	0,1585	646,6
PERF	145	171	178	252	0,0019	0,0016	0,0030	81

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

A produção total de massa seca (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) não foi influenciada pelo sombreamento ($P<0,05$). O que também foi observado em capim-tanzânia e capim-mombaça cultivados sob o sombreamento de *Melia azedarach* (amargoseira) ou sob sol pleno em Veracruz-México. Em experimento realizado em Manaus-AM com o BRS Zuri, Souza (2018) observou produção de 14,60 ton ha⁻¹ ano⁻¹, semelhante ao encontrado no presente estudo. Objetivando aumentar a área fotossinteticamente ativa, plantas sombreadas modificam sua morfologia alongando o colmo, lâminas foliares e alterando o ângulo de inclinação da folha (GOBBI *et al.*, 2009), dessa forma, quando as plantas possuem radiação suficiente para a fotossíntese, a produção aumenta (SANTIAGO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Essas modificações morfológicas refletem na maior altura de dossel do BRS Zuri (TABELA 19), padrão que foi observado por Jank *et al.* (2008) para acessos de *P. maximum*. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) recomenda que o dossel de BRS Zuri seja manejado com altura de entrada de 70 a 75 cm, no entanto, o presente trabalho demonstra altura de dossel de aproximadamente 56 cm para a forrageira na ausência de sombreamento e manejada com 95% de IL. Esses resultados evidenciam a mudança na altura do dossel devido às condições edafoclimáticas, de radiação, de adubação e até mesmo de densidade de plantas mesmo mantendo-se a mesma IL. Assim, a altura de dossel como critério de manejo deve considerar as características do pasto e as condições no qual ele se encontra.

Tabela 19. Altura do dossel (cm) de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				p-valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
ALT	55,98	68,46	82,88	89,87	<0,001	<0,001	<0,001	20,49

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

O perfilhamento foi influenciado positivamente pelo sombreamento (TABELA 18), diferente do observado por Paciullo *et al.* (2017) para o capim-tanzânia e capim-aruaana sob sombreamento natural de 37 e 58% e do reportado para gramíneas do gênero *Panicum* em diversos estudos (LUDLOW *et al.*, 1974; WONG E STUR, 1996; FERREIRA *et al.*, 2010; ALEXANDRINO *et al.*, 2011; DIAS RODRIGUES *et al.*, 2016). O perfilhamento de gramíneas é um processo complexo, controlado por diversos fatores genéticos e ambientais (GAUTIER *et al.*, 1999; PACIULLO *et al.*, 2017), como redução da radiação e da relação V:Ve (GAUTIER *et al.*, 1999), no entanto, no sombreamento artificial há a redução da intensidade de radiação, mas não há influência na qualidade de luz (TABELA 3). O aumento na altura das plantas e na inclinação das folhas pode ter proporcionado maior acesso de radiação na base do dossel das plantas sombreadas e favorecido o perfilhamento nessas condições.

Houve redução nos valores da taxa fotossintética (*A*), taxa transpiratória (*E*), condutância estomática (*gs*) e eficiência no uso da água (*EUA*) com o aumento do sombreamento (TABELA 20). Resultados semelhantes foram encontrados por Albaugh *et al.* (2014) avaliando *P. virgatum* (switchgrass) sob 36, 52 e 78% de sombreamento artificial na Carolina do Norte-EUA. Menores *A* estão relacionadas com a menor *gs* e *E* (KINYAMARIO *et al.*, 1995), uma vez que as trocas gasosas necessárias para a realização da fotossíntese são reduzidas com o fechamento estomático. Semelhante observado no presente estudo, plantas de *P. maximum* cultivadas sob pleno sol apresentaram maior *EUA* que plantas cultivadas sob dossel de árvores de *Acacia gerardii* (acácia) no Nairóbi-Quênia, em resposta ao declínio da *A* e *E* (KINYAMARIO *et al.*, 1995), assim, plantas sombreadas precisam de mais água para assimilar a mesma quantidade de CO₂. Em contrapartida, na atual pesquisa, a *TFol* e os teores de clorofila *a* e *b* apresentaram aumento com o sombreamento. Kinyamario *et al.* (1995) encontraram diminuição na *TFol* de plantas sob sombreamento natural, no entanto, ressalta-se que no presente experimento os sombrites eram cobertos lateralmente, o que reduz a velocidade do vento no interior do mesmo limitando a evapotranspiração (DE ANDRADE *et al.*, 2004). O aumento no teor de clorofila *a* foi observado para o capim-tanzânia sob sombreamento artificial de 30 e 50% (OLIVEIRA *et al.*, 2013). No presente estudo houve aumento também do teor de

clorofila *b*, um mecanismo adaptativo decorrente do aumento no teor de nitrogênio foliar (SOARES *et al.*, 2009).

Tabela 20. Taxa fotossintética (*A*, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (*E*, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (*gs*, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água (*EUA*, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), temperatura da lâmina foliar (*Tfol*, °C) e teores de clorofila *a* e *b* de BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
<i>A</i>	14,90	11,36	8,56	7,34	<0,001	<0,001	<0,001	5,13
<i>E</i>	1,57	1,54	1,26	1,16	<0,001	<0,001	<0,001	0,56
<i>gs</i>	0,11	0,09	0,07	0,06	<0,001	<0,001	<0,001	0,04
<i>EUA</i>	11,20	7,58	6,48	6,63	<0,001	<0,001	<0,001	2,48
<i>Tfol</i>	23,20	24,03	24,56	24,76	<0,001	<0,001	<0,001	1,45
Clorofila <i>a</i>	30,11	31,81	32,35	32,85	<0,001	<0,001	<0,001	3,36
Clorofila <i>b</i>	9,42	11,91	12,50	12,95	<0,001	<0,001	<0,001	2,92

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico).
EPM=erro padrão da média

3.5 Fluxo de tecidos em BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos

As taxas de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento do pseudocolmo (TAIC), taxa de senescência foliar (TSF) e filocrono (FILOC) não foram influenciadas pelo sombreamento, estação do ano e pela interação sombreamento e estação do ano ($P>0,05$) (TABELA 21). As características morfogênicas são dependentes da disponibilidade de água e nutrientes no solo, uma vez que esses fatores influenciam a divisão e expansão celular (DE MIRANDA GOMIDE *et al.*, 2007). A adubação realizada uma vez por estação do ano e a irrigação sendo realizada diariamente podem ter compensado a redução da luminosidade e por isso, a TApF, TAIC, TSF e FILOC não apresentaram diferença entre os fatores avaliados. A TApF apresentou média de 0,13 folha d^{-1} e corrobora valor encontrado por Gomide e Gomide (1997) avaliando as características morfogênicas de quatro cultivares de *Panicum maximum* (centenário, mombaça, tanzânia e vencedor) durante a rebrota, que foi de 0,12 folha d^{-1} (TApF). A média da TAIC foi de 0,07 $cm\ d^{-1}$, TSF foi de 0,10 $cm\ d^{-1}$ e o FILOC foi de 9,97 d lâmina foliar $^{-1}$. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Silveira *et al.* (2010) para o capim-tanzânia e capim-mombaça sem manejo de corte.

A estação primavera/verão proporcionou maior TApF no BRS Tamani (TABELA 21), no entanto essa variação não foi observada para as demais variáveis morfogênicas ($P>0,05$). A temperatura mais elevada durante a estação primavera/verão favorece as atividades máximas de enzimas chave que atuam no relaxamento da parede celular e na divisão celular (SALAH E TARDIEU, 1996). Maiores valores durante o verão para a TApF também foram observados por Zanini *et al.* (2012) quando avaliaram duas frequências de desfolhação (95 e 98% de IL) e duas alturas de resíduo (10 e 15 cm) de *P. maximum* cv. Aruana (capim-aruaana) em Lages-SC.

O índice de área foliar (IAF) não variou ($P>0,05$) de acordo com os fatores avaliados (TABELA 21). Nas pastagens, o IAF crítico, situação em que há 95% de IL pelo dossel, se situa entre 3 e 5 (HUMPHREYS, 1991). O BRS Tamani apresentou média de 3,49 para o IAF crítico, dentro da faixa mencionada por Humphreys (1991). Muitas espécies do gênero *Panicum* têm mostrado tolerância mediana ao sombreamento (WONG E WILSON, 1980; WONG, 1991; PACIULLO *et al.*, 2017), o IAF sendo o mesmo sob manejo de 95% de IL sob sombreamentos para o BRS Tamani mostra seu potencial de uso em sistemas silvipastoris.

Tabela 21. Características morfológicas e estruturais de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. EPM = erro padrão da média

Item ¹	Sombreamento (%)				EPM	Estação ²			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	75		Outono/Inverno	Primavera/Verão	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
Características morfológicas											
TApF	0,06	0,08	0,07	0,05	0,02	0,05	0,08	0,02	0,3290	0,2100	0,9710
TAIF	1,56	1,93	1,54	1,36	0,51	1,41	1,78	0,81	0,8026	0,0066	0,2905
TAIC	0,15	0,07	0,04	0,03	0,09	0,06	0,08	0,09	0,5900	0,0521	0,0972
TSeF	0,08	0,11	0,15	0,08	0,12	0,18	0,03	0,14	0,8120	0,8320	0,2920
FILOC	17,02	13,22	15,75	21,78	3,73	21,23	12,65	8,51	0,3150	0,9300	0,1140
Características estruturais											
NFV	4,12	3,52	4,58	4,60	0,88	4,23	4,17	0,71	0,8470	0,4960	0,060
CFLF	20,07	24,96	24,12	21,02	7,19	27,08	18,01	10,45	0,8790	0,9270	0,1870
DVF	16,34	16,56	29,69	38,83	7,44	33,99	16,72	9,31	0,0162	0,0562	<0,001
IAF	3,54	3,69	3,57	3,17	0,06	3,54	3,44	0,20	0,6930	0,3280	0,8370

¹TApF=taxa de aparecimento foliar (folha d⁻¹), TAIF=taxa de alongamento foliar (cm d⁻¹), TAIC=taxa de alongamento do colmo (cm d⁻¹), TSeF=taxa de senescência foliar (cm d⁻¹), FILOC=filocrono (dias lâmina foliar⁻¹) NFV=número médio de lâminas foliares vivas (lâmina foliar perfilho⁻¹), CFLF=tamanho final da lâmina foliar (cm), TFPc=tamanho final do pseudocolmo (cm), DVF=duração de vida da lâmina foliar (dias), IAF=índice de área foliar

²Outono/Inverno=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão=setembro de 2017 a março de 2018

O número de lâminas foliares vivas (NFV) e comprimento final da lâmina foliar (CFLF) não foram influenciados pelos fatores avaliados ($P>0,05$) (TABELA 21). O NFV é uma característica que permanece relativamente constante mesmo sob condições ambientais e de manejo variáveis (LEMAIRE, 1996) e altamente relacionada com a genética da planta (SILVEIRA *et al.*, 2010). Geralmente, condições que favorecem maior TAIF e TAIC resultam em maiores TFF e TFC (SILVEIRA *et al.*, 2010). Nesse experimento, a TAIF foi influenciada apenas pela estação do ano, resultando em CFLF semelhantes entre os sombreamentos.

A duração da vida da lâmina foliar (DVF) foi influenciada pelo sombreamento ($P=0,0162$) e pela interação entre sombreamento e estação do ano ($P<0,001$) (TABELA 21).

A maior DVF (dias) foi observada durante o inverno sob sombreamentos acima de 45% (TABELA 22). Valores semelhantes foram encontrados por Zanini *et al.* (2012) em estudo com *P. maximum* cv. Aruana (capim-aruana). Os autores encontraram DVF de 32,9 e 46,3 dias, no verão e outono, respectivamente, sob manejo de 95% de IL. No presente experimento, foi observada DVF média de 16,72 dias durante o verão em todos os sombreamentos ($P=0,8663$), enquanto durante o inverno foi observada resposta quadrática ($P<0,001$) com o aumento do sombreamento. Esse padrão de sazonalidade para plantas intensamente sombreadas são respostas adaptativas que conferem adaptabilidade com o objetivo de assegurar a perenidade e a rebrotação em situações de estresse (PACIULLO *et al.*, 2008).

Tabela 22. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da duração de vida da lâmina foliar¹ (d) de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)	Inverno	Verão
DVF ¹	0	17,10	15,57
	30	17,32	15,80
	45	40,52*	18,86
	75	61,01*	16,64
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=16,72$	-	0,8663
Inverno	$\hat{Y}=16,87-0,7547x+0,0182x^2$	0,9848	<0,0001

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

A duração média do ciclo (DMC, d) foi influenciada pelo sombreamento ($P=0,0062$), pela estação do ano ($P=0,0051$) e pela interação entre sombreamento e estação do ano ($P<0,001$) (TABELA 23).

O número total de ciclos (NTC) foi constante até 30% de sombreamento (TABELA 23) e reduziu de dois a três ciclos sob sombreamentos mais intensos. Apesar de o BRS Tamani não ter apresentado diferenças entre sombreamentos para as características morfogênicas, esse

resultado pode ter sido ocasionado pela menor evapotranspiração e maior ciclagem de nutrientes sob nessas condições (PACIULLO *et al.*, 2008).

Tabela 23. Duração média do ciclo¹ (d) e número total de ciclos² de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)				EPM	Estação ³			p-valor		
	0	30	45	75		O/I	P/V	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
DMC ¹	23,42	23,42	45,33	71,00	15,43	59,83	21,75	15,48	0,0062	0,0051	<0,001
NTC ²	9	9	7	6	-	-	-	-	-	-	-

EPM=erro padrão da média. ³Outono/Inverno(O/I)=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão(P/V)=setembro de 2017 a março de 2018

Não foi observada diferença na duração média do ciclo (DMC, dias) do BRS Tamani entre as estações em pleno sol e 30% de sombreamento, enquanto nos sombreamentos de 45 e 73% foi maior durante o outono/inverno (TABELA 24). O sombreamento acima de 45% ampliou os efeitos da redução na luminosidade e na temperatura durante a estação outono/inverno, causando aumento na DMC nessa situação. Não houve variação na DMC durante o verão para os níveis de sombreamento ($P=0,9833$), sendo que a média observada foi de 21,75 dias. Enquanto no inverno, foi observada resposta quadrática.

Tabela 24. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da duração média do ciclo¹ (d) de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)	Inverno	Verão
DMC ¹	0	25,83	21,00
	30	25,83	21,00
	45	66,67*	24,00
	75	75,56*	21,00
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=21,75$	-	0,9833
Inverno	$\hat{Y}=24,96-0,5856x+0,0177x^2$	0,8695	<0,0001

*Médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste T de Student a 5% de significância

3.6 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos

A porcentagem de componentes morfológicos e a massa seca total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) de BRS Tamani não foram influenciadas ($P<0,05$) pelo sombreamento artificial (TABELA 25). Apesar de não ter apresentado diferenças entre a porcentagem de lâminas foliares (%LF) e de pseudocolmo (%Pc), a relação lâmina foliar e pseudocolmo (LF:Pc) reduziu com o aumento do sombreamento. Tal fato ocorre devido ao alongamento dos tecidos de sustentação, o que promove perfilhos maiores e maior participação de pseudocolmos na massa de forragem. A

%LF encontrada no presente estudo está de acordo com o encontrado por Jank *et al.* (2008) que reporta de 77,8 a 80,2% de lâminas foliares para acessos de *P. maximum* sob 0, 54 e 81% de sombreamento, não observando diferença significativa entre os sombreamentos. A maior proporção de folhas relatada em alguns trabalhos (PACIULLO *et al.*, 2008; SOARES *et al.*, 2009; PACIULLO *et al.*, 2017) ocorre devido ao maior investimento de nutrientes e fotoassimilados na expansão foliar para captura de radiação, sob sombreamento intenso, o N não supera a limitação da radiação no crescimento das forrageiras (BALDISSERA *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2017).

Tabela 25. Porcentagem de lâminas foliares (%LF), de pseudocolmos (%Pc), de forragem morta (%FM), inflorescência (%Inflo), relação lâmina foliar e pseudocolmo (LF:Pc) produção total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) e perfilhamento (PERF, perfilhos kg MV⁻¹) de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
%LF	84,07	83,70	85,01	80,18	0,5230	0,6007	0,6506	11,07
%Pc	7,79	10,86	8,11	12,26	0,2380	0,4988	0,3468	8,38
%FM	7,18	4,31	6,32	6,89	0,8587	0,5632	0,7210	8,71
%Inflo	0,00	0,00	0,60	0,00	0,3762	0,5632	0,8069	3,14
LF:Pc	31,87	15,82	21,84	9,44	0,0102	0,0372	0,0374	28,89
PMS	10.225,66	12.691,70	9.726,70	9.825,49	0,5096	0,4133	0,0612	471,40
PERF	778	760	762	636	0,2761	0,3422	0,4696	292

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

A produção de massa seca (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) e o perfilhamento (PERF) do BRS Tamani não foram influenciados pelo sombreamento (TABELA 25). Paciullo *et al.* (2017) trabalhando com duas cultivares de *P. maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia) e *P. spp.* cv. Massai (capim-massai) sob sombreamento e doses de N, reportam densidade de perfilhos e produção de forragem similares para plantas cultivadas sob sombreamento e pleno sol, na ausência de adubação nitrogenada ou até 50 kg ha⁻¹ de N, o que evidencia a importância do N para a formação e expansão de novos tecidos. No entanto, a nutrição nitrogenada não depende apenas da aplicação de N, mas também da disponibilidade desse nutriente no solo (LEMAIRE, 2001). Nesse caso, a maior disponibilidade de nutrientes no solo em condições sombreadas compensou a menor radiação sobre o dossel. A diminuição da produção de massa seca com o aumento do sombreamento apenas acontece quando as espécies não estão adaptadas àquele regime de luminosidade (WONG, 1991; VIEIRA *et al.*, 2013). O sombreamento pode ter favorecido o crescimento do BRS Tamani em condições de sombreamento devido à maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo (DA SILVA *et al.*, 2012). Tal fato também foi observado para o *P. spp.* cv. Massai (capim-massai) em consórcio com pinhão-mansão (DA SILVA *et al.*, 2012).

A redução da radiação não foi capaz de reduzir o perfilhamento nessa situação, uma vez que as plantas alongaram mais o colmo e mudaram o ângulo para que entrasse mais radiação na base do dossel forrageiro, favorecendo o perfilhamento e proporcionando dosséis mais altos (TABELA 26). Esse resultado evidencia que o padrão de manejo de acordo com a interceptação luminosa irá depender de fatores como espécie forrageira, densidade de plantas e sombreamento. O aumento na altura do dossel foi observado para o capim-massai (DA SILVA *et al.*, 2012), capim-aruaana (BALDISSERA *et al.*, 2016) e para outros acessos de *P. maximum* (JANK *et al.*, 2008) com o sombreamento.

Tabela 26. Altura do dossel (cm) de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
ALT	34,80	41,26	47,86	49,42	<0,001	<0,001	<0,001	9,41

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

O aumento no sombreamento ocasionou redução na taxa fotossintética (*A*), taxa respiratória (*E*), condutância estomática (*g_s*) e eficiência no uso da água (*EUA*) (Tabela 27). A menor *g_s* está relacionada com menor *A*, assim como menor resistência intracelular, provavelmente associada com a rápida captação de CO₂ pela fosfoenolpiruvato carboxilase, via fotossintética de plantas de metabolismo C4 (LUDLOW E WILSON, 1971; LUDLOW, 1985). Diminuição nas *A* e *E* também foram observadas por Ludlow *et al.* (1974) no green panic (*P. maximum* var. trichoglume cv. Petrie) sob sombreamento. A menor *E* não foi capaz de aumentar a *EUA* em sistemas sombreados, o que parece ligeiramente contraditório, uma vez que a planta deve manter a mesma quantidade de CO₂ assimilado para obter valores de *EUA* mais elevados (SANTOS *et al.*, 2017). Apesar de apresentar menores trocas gasosas sob sombreamento, a PMS não foi reduzida, o que aponta grande plasticidade fenotípica dessa cultivar em condições de luminosidade reduzida.

Tabela 27. Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), temperatura da lâmina foliar ($TFol$, $^{\circ}\text{C}$) e teores de clorofila a e b de BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. Tamani) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				p -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
<i>A</i>	14,96	10,66	7,54	5,70	<0,001	<0,001	<0,001	5,19
<i>E</i>	1,50	1,51	1,26	1,07	<0,001	<0,001	<0,001	0,45
<i>g_s</i>	0,09	0,07	0,06	0,04	<0,001	<0,001	<0,001	0,03
<i>EUA</i>	9,84	6,80	6,03	5,28	<0,001	<0,001	<0,001	1,95
<i>TFol</i>	26,16	27,59	28,21	28,49	<0,001	<0,001	<0,001	0,75
Clorofila <i>a</i>	24,26	27,48	27,55	26,91	0,0010	0,0004	0,0013	4,12
Clorofila <i>b</i>	5,58	7,30	6,79	7,15	0,0002	0,0001	0,0002	1,86

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico).
EPM=erro padrão da média

A *TFol* e os teores de clorofila *a* e *b* apresentaram aumento com o sombreamento (TABELA 27). Uma vez que há menor *E* a lâmina foliar reduz a capacidade de perda de calor (MONTEIRO *et al.*, 2016), mantendo a *TFol* mais alta sob sombreamento que plantas cultivadas sob pleno sol. O aumento nos teores de clorofila em sombreamentos elevados são mecanismos de compensação à baixa radiação disponível, uma vez que a clorofila *b* capta energia em diferentes comprimentos de onda e as transfere para a clorofila *a*, atuando nas reações da fotossíntese (SIEBENEICHLER *et al.*, 2008).

3.7 Fluxo de tecidos em macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos

A estação primavera/verão favoreceu o aumento na taxa de alongamento do pecíolo (TAIP), taxa de alongamento do caule (TAIC), e número de folhas vivas (NFV) de macrotiloma ($P < 0,05$) (TABELA 28), no entanto, as demais variáveis não foram influenciadas pelo sombreamento e pela interação entre sombreamento e estação do ano (TABELA 28). Temperaturas mais elevadas favorecem o aumento de giberelina endógena e a ação desse hormônio sobre os tecidos das plantas, estimulando o crescimento e a diferenciação celular (MOE E HEINS, 1989). Padrão de resposta semelhante foi observado no amendoim-forrageiro em consórcio com capim-marandu (PEREIRA *et al.*, 2017), no qual o mesmo apresentou menor crescimento de dezembro a abril, período de pouca precipitação e médias de temperatura de 15 a 20 °C. Os estudos sobre morfogênese de leguminosas ainda são escassos, no entanto, pesquisa realizada por Souza *et al.* (2017) em pasto consorciado e monocultivo de *Cenchrus ciliaris* cv. Biloela (capim-buffel) e *Clitoria ternata* (cunhã) sob níveis crescentes de sombreamento artificial em Petrolina-PE, encontraram efeito cúbico para a TAIF e linear para a TAIC ao longo dos sombreamentos (SOUZA *et al.*, 2017).

A taxa de aparecimento foliar (TApF) apresentou média de 0,09 folha d⁻¹, não diferindo entre sombreamentos, estação do ano e interação entre sombreamento e estação do ano (TABELA 28). Esse resultado difere do encontrado por Souza *et al.* (2017), no qual ambas as forrageiras apresentaram 0,21 e 0,17 folha d⁻¹ sob 25 e 35% de sombreamento, respectivamente. Whiteman (1968) relata temperaturas ótimas para crescimento de leguminosas entre 27 e 33 °C durante o dia, o que não foi registrado durante o período experimental. Tal fato pode ter ocasionado a diferença entre os resultados encontrados e os observados por Souza *et al.* (2017), uma vez que a temperatura média em Petrolina-PE foi 4 °C superior às registradas no presente experimento.

Durante o inverno, houve redução no NFV (Tabela 28) de macrotiloma, no entanto, como mecanismo de compensação, o TFF aumentou durante a estação seca, apesar de não ter apresentado diferença estatística entre as estações.

Tabela 28. Características morfológicas e estruturais de macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. EPM = erro padrão da média

Item ¹	Sombreamento (%)					Estação ²			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	75	EPM	Primavera/Verão	Outono/Inverno	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
Características morfológicas											
TApF	0,11	0,14	0,14	0,14	0,05	0,16	0,11	0,07	0,6270	0,7520	0,9050
TAIF	0,10	0,27	0,22	0,18	0,14	0,28	0,10	0,20	0,6498	0,0822	0,5700
TaIP	0,06	0,14	0,15	0,15	0,10	0,21	0,04	0,08	0,0629	0,0380	0,0704
TAIC	0,45	0,73	0,93	0,42	0,36	1,11	0,15	0,64	0,7661	0,0233	0,6159
FILOC	13,71	9,79	5,96	8,37	5,10	6,89	11,98	7,14	0,9590	0,7370	0,5670
Características estruturais											
NFV	8,83	8,53	8,75	7,25	3,08	11,50	5,18	1,79	0,6847	0,0228	0,5521
CFF	3,37	4,70	5,10	6,05	1,33	3,99	5,65	0,86	0,1730	0,2530	0,3820
DVF	30,81	42,53	35,27	38,04	9,52	29,18	44,14	14,31	0,7864	0,1003	0,0808
IAF	0,65	0,65	1,24	2,42	0,06	1,24	-	-	<0,001	-	-

¹TApF=taxa de aparecimento foliar (folha d⁻¹), TAIF=taxa de alongamento foliar (cm d⁻¹), TAIP=taxa de alongamento do pecíolo (cm d⁻¹), TAIC=taxa de alongamento do caule (cm d⁻¹), TSF=taxa de senescência foliar (cm d⁻¹), FILOC=filocrono (dias folha⁻¹) NFV=número médio de folhas vivas (folha ramificação⁻¹), CFF=comprimento final do folíolo (cm), IAF=índice de área foliar

²Outono/Inverno=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão=setembro de 2017 a março de 2018

O IAF apresentou aumento quadrático ao longo dos sombreamentos ($\hat{Y}=0,6549-0,0377x+0,0008x^2$; $R^2=0,9942$). Não houve comparação entre as estações do ano devido ao fato de as plantas de macrotiloma terem morrido antes de atingirem 95% de IL, impossibilitando a colheita de amostras. Black (1963) avaliou a inter-relação da radiação com o IAF de trevo subterrâneo na Austrália. Diferente do encontrado no presente estudo para macrotiloma, Black (1963) encontrou menor IAF para plantas de trevo subterrâneo em condições de menor radiação, o que o levou a inferir menor eficiência do trevo na interceptação e utilização da luz, uma vez que há menor quantidade de folhas por metro quadrado. O contrário foi observado no presente estudo, uma vez que as plantas de macrotiloma apresentaram maior número de camadas de folhas por metro quadrado de solo, o que permite inferir que as plantas são mais eficientes em condições de sombreamento.

A duração média do ciclo (DMC, dias) de macrotiloma não variou com o sombreamento ($P=0,3767$), estação do ano ($P=0,4622$) e interação entre sombreamento e estação do ano ($P=0,0994$) (TABELA 29). Algumas espécies mais adaptadas a condições de sombreamento possuem diversos mecanismos morfofisiológicos que maximizem a captura de luz, consequentemente aumenta a massa por unidade de área de folha, longevidade da folha e assimilação de carbono ao longo da vida da folha, o que aumenta suas vantagens em locais de pouca radiação (FUNK, 2013), os mecanismos morfofisiológicos podem ter compensado a restrição luminosa, não alterando a DMC da macrotiloma.

O número total de ciclos (NTC) menor de macrotiloma é consequência das baixas temperaturas durante o inverno, o que resultou na senescência das plantas em todas as sub-parcelas durante a estação fria e seca do ano, resultando em apenas um corte durante o período experimental (TABELA 29). Esse fato demonstra que a tolerância e adaptação ao sombreamento não pode ser o único fator a ser considerado na escolha de espécies a serem implantadas em sistemas silvipastoris, mas também a capacidade produtiva, valor nutritivo e adaptação às condições edafoclimáticas e de manejo (DE ANDRADE *et al.*, 2004).

Tabela 29. Duração média do ciclo¹ (d) e número total de ciclos² de macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)					Estação ³			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	75	EPM	O/I	P/V	EPM	Sombra	Estação	Est*Som

DMC ¹	42,67	50,25	47,25	49,25	13,05	53,87	40,83	12,87	0,3767	0,4622	0,0994
NTC ²	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-

EPM=erro padrão da média. ³Outono/Inverno(O/I)=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão(P/V)=setembro de 2017 a março de 2018

3.8 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos

O sombreamento influenciou ($P<0,05$) a porcentagem de folhas (%F), de caule (%C), de forragem morta (%FM), de inflorescência (%Inflo) e de vagem (%VG) de macrotiloma (TABELA 30). A maior %F com o aumento do sombreamento é um mecanismo de adaptação morfológica aos baixos níveis de radiação, diretamente relacionado com maior tamanho da folha e consequentemente maiores níveis de N, fósforo e potássio comparados aos das plantas cultivadas em pleno sol (ARAÚJO *et al.*, 2017). Plantas sombreadas recebem menor radiação e consequentemente apresentam menor temperatura (TABELA 2), com isso, o acúmulo de graus-dia pela planta diminui, exercendo influência sobre a morfogênese e fenologia da planta, especialmente àquelas que dependem da soma térmica (SOARES *et al.*, 2009). Soares *et al.* (2009) observou menor florescimento para onze espécies forrageiras cultivadas sob sombreamento, nesse caso, as plantas permanecem maior tempo em estágio vegetativo e florescem mais tarde, ou de maneira desuniforme, o que influencia na persistência da forrageira no sistema.

Tabela 30. Porcentagem de folhas (%F), de caule (%C), de forragem morta (%FM), inflorescência (%Inflo), vagem (%VG) e produção total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹), de macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
%F	32,33	39,24	42,81	47,22	<0,001	<0,001	<0,001	1,00
%C	52,31	56,96	52,00	52,78	0,9215	0,1751	<0,001	2,31
%FM	0,62	3,29	1,33	0,00	0,8928	0,0012	<0,001	0,41
%Inflo	0,00	0,00	0,60	0,00	0,4571	0,6252	<0,001	0,29
%VG	14,73	0,51	3,26	0,00	0,0013	0,0011	<0,001	2,73
PMS	903,84	474,03	939,35	503,16	0,2473	0,4618	<0,001	236,7

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

A produção de total de massa seca (PMS, ton ha⁻¹ ano⁻¹) reduziu de 47,5 e 44,3% sob 30 e 75% em relação à produção do pleno sol, respectivamente (TABELA 30). Todavia, sob 45% de sombreamento, a PMS apresentou aumento. As melhores condições de temperatura na parte aérea e no solo podem ter favorecido esses resultados. Estudo realizado com macrotiloma sob sombreamento natural em Curvelo-MG reporta redução de 84% na PMS quando a leguminosa foi cultivada no sub-bosque de sistema silvipastoril de espaçamento 12×2 m quando comparada com a forrageira cultivada em pleno sol (ARAÚJO *et al.*, 2017). A redução na intensidade luminosa também apresentou desfavorável à produção de leguminosas como o kudzu tropical (DE ANDRADE *et al.*, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2017) e estilosantes (ARAÚJO *et al.*, 2017) e favorável à produção de algumas espécies do gênero *Desmodium* (LIN *et al.*, 2001).

Maior altura de dossel foi mencionada para a *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical), *Stylosanthes* spp. cv. Campo Grande (estilosantes) e *Macrotyloma axillare* cv. Java (macrotiloma) cultivadas em sistema silvipastoril (ARAÚJO *et al.*, 2017), no entanto, não foi realizada análise estatística para essa variável. No presente estudo, a macrotiloma não apresentou maior altura de dossel com o aumento do sombreamento (TABELA 31). Isso pode ser atribuído ao fato de a macrotiloma apresentar característica volúvel e rasteira, o número reduzido de plantas nas sub-parcelas pode ter influenciado esse resultado.

Tabela 31. Altura do dossel (cm) de macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
ALT	30,17	27,33	25,83	29,67	0,6408	0,6116	0,6932	6,53

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

Todas as características fisiológicas da macrotiloma foram influenciadas pelo sombreamento (TABELA 32). A taxa fotossintética (*A*), taxa respiratória (*E*) e condutância estomática (*gs*) apresentaram aumento sob 45% de sombra, o que explica a maior PMS nesse sombreamento. Algumas plantas forrageiras possuem capacidade de se aclimatar a diferentes níveis de luminosidade, o que envolve mecanismos tanto morfológicos quanto fisiológicos de adaptação. Duas abordagens principais explicam a adaptação de plantas forrageiras a determinados níveis de sombreamento. Primeiramente, as taxas fotossintéticas de folhas aclimatadas a um nível de irradiância específico são maiores nesse nível do que as taxas fotossintéticas de folhas cultivadas sob outros níveis de irradiância; outro fator é que a variação em uma determinada característica aumenta a fotossíntese foliar em um nível específico de irradiância, então é uma adaptação a esse nível (GIVNISH, 1988). Outros fatores podem contribuir para a adaptação das plantas à determinados níveis de irradiância, como a umidade relativa, umidade do solo e capacidade de assimilação de nitrogênio. A *A* é diretamente relacionada com a *E* e *gs*, assim, sob 45% de sombreamento a macrotiloma teve melhores condições de microclima para crescimento refletindo na maior PMS.

Tabela 32. Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), temperatura da folha ($TFol$, $^{\circ}\text{C}$) e teores de clorofila a e b de macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Java) sob sombreamentos em manejo de desfolhação em 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				p -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
<i>A</i>	13,29	8,69	10,70	5,23	<0,001	<0,001	<0,001	4,03
<i>E</i>	2,24	1,25	2,49	2,21	0,7491	<0,001	<0,001	0,63
<i>g_s</i>	0,33	0,13	0,27	0,18	<0,001	<0,001	<0,001	0,09
<i>EUA</i>	5,91	6,49	4,63	2,67	<0,001	<0,001	<0,001	1,26
<i>TFol</i>	25,48	26,35	26,64	26,87	<0,001	<0,001	<0,001	0,25
Clorofila <i>a</i>	25,10	27,53	25,62	27,12	0,0704	0,1369	0,0179	1,57
Clorofila <i>b</i>	6,75	8,83	7,05	8,67	0,0741	0,1781	0,0172	1,44

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico).
EPM=erro padrão da média

A temperatura da folha (*TFol*) apresentou padrão de resposta crescente ao longo dos sombreamentos (TABELA 32), evidenciando menor evapotranspiração. Os teores de clorofila a e b exibiram resposta cúbica, o que reflete na maior síntese de compostos fotossintéticos, melhor desenvolvimento do grana e maior número de cloroplastos (LICHTENTHALER *et al.*, 1981), para absorção da radiação disponível.

3.9 Fluxo de tecidos em amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos

A estação do ano ($P<0,05$) exerceu influência sobre a taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento do pecíolo (TAIP) e filocrono (FILOC), sendo os maiores valores observados para as mesmas durante o verão, exceto FILOC (TABELA 33). A divisão celular nos meristemas está intimamente relacionada com a temperatura, dessa forma, muitos processos vegetativos relacionados com o desenvolvimento vegetal, como a TApF, TAIF e TAIC são dependentes da temperatura (LONATI *et al.*, 2009). Assim, a temperatura mais elevada durante a estação primavera/verão favoreceu a divisão celular de plantas de amendoim-forrageiro, ocasionando o aumento nas características morfogênicas e reduzindo o FILOC. Esses resultados se assemelham ao encontrado por Pereira *et al.* (2017) para o amendoim-forrageiro consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu), os autores também observaram maiores TApF, TAIF, TAIP para o amendoim-forrageiro durante a primavera.

O número de folhas vivas (NFV), duração da vida de folha (DVF) e comprimento final do folíolo (CFF) foram influenciadas pela estação do ano ($P<0,05$), não sendo influenciadas pelo sombreamento e pela interação entre sombreamento e estação do ano ($P>0,05$) (TABELA 33). O número de folhas de uma determinada planta forrageira está relacionado com o potencial de acúmulo de biomassa da planta, uma das características importantes na recomendação de espécies e no ajuste do intervalo de desfolhação (DA SILVA *et al.*, 2010). O amendoim-forrageiro apresentou maior NFV e DVF durante o período outono/inverno, mecanismo que aumenta o tempo útil da folha para a fotossíntese em situação de estresse (CHABOT E HICKS, 1982).

O comprimento final do folíolo (CFF) variou em função do sombreamento ($P<0,001$) e da estação do ano ($P<0,001$), mas não variou em função da interação entre sombreamento e estação do ano ($P=0,0787$). Durante o inverno, o amendoim-forrageiro apresentou menor CFF, tal fato não foi prejudicial à fotossíntese das plantas forrageiras, mesmo reduzindo a área foliar de cada folha, uma vez que foi compensado com o aumento no NFV e pela maior DVF.

O índice de área foliar (IAF) do amendoim-forrageiro variou apenas em função do nível de sombreamento ($P=0,0076$) (TABELA 33).

Tabela 33. Características morfológicas e estruturais de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações. EPM = erro padrão da média

Item ¹	Sombreamento (%)					Estação ²			<i>p</i> -valor		
	0	30	45	75	EPM	Outono/Inverno	Primavera/Verão	EPM	Sombra	Estação	Est*Som
Características morfológicas											
TApF	0,05	0,06	0,06	0,07	0,02	0,03	0,08	0,02	0,9625	0,0004	0,2011
TAIF	0,03	0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,07	0,02	0,5970	0,0009	0,0087
TaIP	0,07	0,08	0,11	0,10	0,04	0,04	0,14	0,07	0,4145	0,0002	0,4983
TAIC	0,05	0,05	0,04	0,19	0,15	0,01	0,13	0,11	0,2026	0,0898	0,1781
FILOC	24,28	18,99	22,61	17,76	5,72	31,31	10,50	7,32	0,3971	0,0015	0,1135
Características estruturais											
NFV	7,50	7,25	8,00	8,57	1,48	9,83	5,83	2,09	0,9580	<0,0001	0,1820
CFF	1,78	2,06	2,23	2,28	0,22	1,90	2,28	0,34	<0,0001	<0,0001	0,0787
DVF	41,04	44,65	46,45	56,15	15,39	75,34	18,81	12,74	0,1279	<0,0001	0,1573
IAF	4,13	3,68	3,32	3,14	0,22	3,57	3,56	0,43	0,0076	0,0868	0,1017

¹TApF=taxa de aparecimento foliar (folha d⁻¹), TAIF=taxa de alongamento foliar (cm d⁻¹), TAIP=taxa de alongamento do pecíolo (cm d⁻¹), TAIC=taxa de alongamento do caule (cm d⁻¹), TSF=taxa de senescência foliar (cm d⁻¹), FILOC=filocrono (dias folha⁻¹) NFV=número médio de folhas vivas (folha ramificação⁻¹), CFF=comprimento final do folíolo (cm), IAF=índice de área foliar

²Outono/Inverno=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão=setembro de 2017 a março de 2018

A estação primavera/verão proporcionou maior TAlF de amendoim-forrageiro em todos os sombreamentos (TABELA 34). A menor taxa fotossintética devido às menores temperaturas (TABELA 2) durante a estação outono/inverno reduzem a TAlF e consequentemente, a taxa de crescimento (VADEZ *et al.*, 2012). Durante a estação primavera/verão, a TAlF apresentou resposta linear positiva com o aumento do sombreamento, mas não houve efeito do sombreamento durante a estação outono/inverno.

Tabela 34. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da taxa de alongamento foliar¹ (cm d⁻¹) de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Mavuno) em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)	Outono/Inverno	Primavera/Verão
TAlF ¹	0	0,02	0,05*
	30	0,02	0,06*
	45	0,01	0,07*
	73	0,02	0,09*
Desdobramento para sombreamento para as duas estações do ano avaliadas			
Estação	Equação	R ² ajustado	p-valor
Verão	$\hat{Y}=0,0473+0,0005x$	0,9054	0,0025
Inverno	$\bar{x}=0,02$	-	0,9410

*Médias estatisticamente diferentes a 5% de significância

O CFF ($\hat{Y}=1,7775+0,0069x$; $R^2=0,9821$) e o IAF ($\hat{Y}=4,1709-0,0134x$; $R^2=0,9696$) apresentaram resposta linear ao longo dos sombreamentos (TABELA 33). Geralmente, o maior CFF tem por objetivo aumentar a captação da luz incidente, aumentando a eficiência fotossintética da planta. Tal fato não proporcionou aumento no IAF das plantas sob sombreamento. A redução no IAF em condições de sombreamento pode estar relacionada à redução no número de ramificações (GOBBI *et al.*, 2009), uma vez que sob sombreamento, há aumento da dominância apical, reduzindo as ramificações laterais e diminuindo a área foliar total da planta (LAMBERS *et al.*, 2008).

A duração média do ciclo (DMC, d) não variou em função do sombreamento ($P=0,7084$), mas variou em função da estação do ano ($P=0,0403$) e apresentou interação entre estação do ano e sombreamento ($P=0,0062$) (TABELA 35). O NTC não variou até 45% de sombreamento artificial, o que pode ser ocasionado pelo menor IAF (TABELA 33) sob sombreamento intenso e consequente maior tempo despendido até atingir a meta de manejo de 95% de IL.

Tabela 35. Duração média do ciclo¹ (d) e número total de ciclos² de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)				EPM	Estação ³			EPM	p-valor		
	0	30	45	75		O/I	P/V			Sombra	Estação	Est*Som
DMC ¹	72,42	84,42	87,50	101,42	24,21	148,50	24,37	25,78		0,7084	0,0403	0,0062
NTC ²	6	6	6	5	-	-	-	-		-	-	-

EPM=erro padrão da média. ³Outono/Inverno(O/I)=maio de 2017 a setembro de 2017, Primavera/Verão(P/V)=setembro de 2017 a março de 2018

A DMC do amendoim-forrageiro foi maior para a estação do inverno em todos os sombreamentos (TABELA 35). Foi observada média de 24,37 dias para a DMC na estação do verão para todos os sombreamentos ($P=0,7026$), entretanto, para a estação do inverno, foi observada resposta quadrática para a DMC ($P<0,001$). A maior DMC é resultado de menores valores de TApF e TAlF e maior DVF durante outono/inverno, causados pelas temperaturas mais baixas, resultando em maior tempo para atingir a meta de manejo com 95% de IL.

Tabela 36. Desdobramento da interação entre estação do ano e sombreamento da duração média do ciclo¹ (d) de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos em manejo de desfolhação de 95% de interceptação luminosa durante duas estações

Item	Sombreamento (%)		Inverno	Verão
	0		103,57*	21,00
DMC ¹	30		66,80*	21,00
	45		52,71*	21,00
	75		67,04*	34,50
Desdobramento para sombreamento nas duas estações do ano				
Estação	Equação		R ² ajustado	p-valor
Verão	$\bar{x}=24,37$		-	0,7026
Inverno	$\hat{Y}=104,0621-1,5414x+0,0135x^2$		0,9397	<0,0001

*Médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste T de Student a 5% de significância

3.10 Produção, porcentagem de componentes morfológicos e fisiologia de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos

O sombreamento não influenciou a porcentagem de folhas (%F), de forragem morta (%FM) e de inflorescência (%Inflo) de amendoim-forrageiro (TABELA 37). Apenas a porcentagem de caule (%C) e a produção de massa seca total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) foram influenciadas pelo sombreamento ($P<0,05$). Esse resultado é decorrente do alongamento do caule com o objetivo de aumentar a exposição das folhas à radiação (MARTUSCELLO *et al.*, 2009). Gobbi *et al.* (2009) encontraram redução na PMS de amendoim-forrageiro sob sombreamento no segundo corte, mas não houve modificações na porcentagem de componentes morfológicos. Em estudo realizado com duas cultivares (Belmonte e Amarillo) cultivadas sob sombreamento natural em Bagé-RS, houve redução da PMS quando as plantas se encontravam no sub-bosque de *Pinus taeda*, em comparação com o pleno sol (SOARES *et al.*, 2009), todavia,

a alta deposição de acículas de pinus foi observada sobre o solo, especialmente nas parcelas com a maior densidade arbórea, o que pode ter influenciado a produção de MS nessa condição, uma vez que há competição por nitrogênio para decompor esse resíduo.

Tabela 37. Porcentagem de folhas (%F), de caule (%C), de forragem morta (%FM), inflorescência (%Inflo), produção total (PMS, kg ha⁻¹ ano⁻¹) e número de ramificações (RAM, ramificações kg MV⁻¹) de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	73	L	Q	C	
%F	87,23	89,78	90,49	89,14	0,2719	0,4071	0,5881	6,42
%C	11,43	8,80	9,02	10,85	0,5141	0,3418	<0,001	5,69
%FM	1,34	1,42	0,48	0,00	0,1065	0,1296	0,2250	2,06
%Inflo	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
PMS	6.605,10	9.506,82	6.617,64	3.680,60	0,4837	0,0340	0,0704	493,40
RAM	2527	1446	1352	1035	0,0001	0,0005	0,0014	553

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

Houve redução no número de ramificações com o aumento do sombreamento (TABELA 37), de acordo com Bahmani *et al.* (2000) a radiação promove ativação das gemas axilares e basais para formação de novas ramificações, além disso, a alocação de fotoassimilados é destinada ao crescimento de tecidos já existentes em detrimento da formação de novos (GOBBI *et al.*, 2011). A PMS é resultado do número de ramificações e do peso de cada uma, assim, como houve redução no número de ramificações e aumento na PMS aos 30 e 45% de sombreamento podemos dizer que as ramificações estavam mais pesadas e indicam grande tolerância dessa forrageira até 45% de sombra.

A altura do dossel (cm) aumentou de acordo com o nível de sombreamento (TABELA 38), em decorrência do aumento no tamanho dos pecíolos e das folhas e menor densidade de folhas. Resultado que corrobora os encontrados por Gobbi *et al.* (2011) e De Andrade e Valentim (1999).

Tabela 38. Altura do dossel (cm) de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				<i>p</i> -valor ¹			EPM
	0	30	45	75	L	Q	C	
ALT	9,60	10,39	11,25	13,47	<0,001	<0,001	<0,001	2,64

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico). EPM=erro padrão da média

A taxa fotossintética (*A*), respiratória (*E*) e condutância estomática (*gs*) apresentaram aumento de acordo com o nível de sombreamento (TABELA 39). Algumas adaptações morfoanatômicas podem ter contribuído para que a *A*, *E* e *gs* tenham sido superiores sob sombreamentos. Gobbi *et al.* (2011) encontraram maior proporção de parênquima lacunoso em

folhas de amendoim-forrageiro sombreado, o que representa uma aclimação ao processo fotossintético, uma vez que essas células promovem maior dispersão da luz. Outras características anatômicas podem ter contribuído para o aumento da difusão de gases, como o aumento no espaço intercelular, facilitando absorção de luz e melhorando sua captação pelos cloroplastos, e o aumento nas células das bainhas do feixe vascular (GOBBI *et al.*, 2011).

Tabela 39. Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), temperatura da folha ($TFol$, $^{\circ}\text{C}$) e teores de clorofila a e b de amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) sob sombreamentos em manejo de desfolhação com 95% de interceptação luminosa

Item	Sombreamento (%)				p -valor ¹			EPM
	0	30	45	75	L	Q	C	
<i>A</i>	6,95	12,54	10,47	13,71	<0,001	<0,001	<0,001	4,86
<i>E</i>	1,50	2,15	2,51	2,70	<0,001	<0,001	<0,001	0,41
<i>g_s</i>	0,13	0,20	0,24	0,28	<0,001	<0,001	<0,001	0,06
<i>EUA</i>	5,33	6,00	4,33	4,94	0,8520	0,1108	0,0015	1,95
<i>TFol</i>	24,25	25,30	25,37	25,41	<0,001	<0,001	<0,001	0,32
Clorofila <i>a</i>	28,06	28,30	28,79	27,95	0,7450	0,6680	0,5726	2,66
Clorofila <i>b</i>	7,86	8,36	9,05	8,94	0,0362	0,1122	0,1666	2,37

¹Probabilidade de efeito significativo devido ao efeito do sombreamento (L=linear; Q=quadrático; C=cúbico).
EPM=erro padrão da média

Houve aumento na temperatura da folha ($TFol$) e nos teores de clorofila b ($P<0,05$) ao passo que não houve alteração no teor de clorofila a ($P<0,05$) (TABELA 39). Aumento nos teores de clorofila também foram reportados por Peng e Chen (1999) com amendoim-forrageiro sob até 80% de sombreamento. A maior formação do grana na plantas de sombra é consistente com sua maior proporção de clorofila b , uma vez que acredita-se que os grana-tilacóides contenham uma menor razão clorofila a /clorofila b que o estroma lamelar (BOARDMAN, 1977).

4. CONCLUSÕES

O capim-mavuno apresentou plasticidade fenotípica ao aumento do sombreamento mantendo o índice de área foliar constante, sofrendo maior efeito da redução da temperatura durante a estação outono/inverno. Pode ser manejado com 95% de interceptação luminosa em sistemas que atinjam até 30% de sombreamento e dossel alcançando 48 cm de altura, haja vista que acima dessa porcentagem há redução da taxa fotossintética, taxa transpiratória, condutância estomática e do perfilhamento e consequente redução na produção.

Sombreamentos acima de 45% reduziram significativamente o fluxo de tecidos de BRS Zuri durante a estação outono/inverno e aumentaram a duração média do ciclo. Apesar da redução nas características fisiológicas do BRS Zuri e BRS Tamani, os capins do gênero *Panicum* podem ser manejados de acordo com a interceptação luminosa. O BRS Zuri pode apresentar se manejado com altura de dossel de 55 a 90 cm e o BRS Tamani de 35 a 50 cm até 75% de sombreamento.

A macrotiloma apresentou melhor produção devido à melhor eficiência fotossintética sob 45% de sombreamento, podendo ser manejada de 25 a 30 cm de altura. Porém, a redução da temperatura durante a estação outono/inverno ocasionou a morte da mesma antes do final do período de avaliação.

O amendoim-forrageiro foi afetado pela redução da temperatura durante a estação outono/inverno, mas apresentou grande adaptação ao aumento do sombreamento. Podendo ser usado em sistemas sombreados até 73% em condições semelhantes às observadas durante o presente experimento.

5. REFERÊNCIAS

ABRAHAM, E.; KYRIAZOPOULOS, A.; PARISSI, Z. et al. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry systems**, v. 88, n. 2, p. 287-299, 2014.

ALBAUGH, J. M.; ALBAUGH, T. J.; HEIDERMAN, R. R. et al. Evaluating changes in switchgrass physiology, biomass, and light-use efficiency under artificial shade to estimate yields if intercropped with *Pinus taeda* L. **Agroforestry systems**, v. 88, n. 3, p. 489-503, 2014.

ALENCAR, C. A. B. D.; CÔSER, A. C.; OLIVEIRA, R. A. et al. Produção de seis gramíneas manejadas por corte sob efeito de diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. 2009.

ALEXANDRINO, E.; CÂNDIDO, M. J. D.; GOMIDE, J. A. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 59-71, 2011.

ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. D. M. Canopy growth and development of *Panicum maximum* cv" Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2164-2173, 2005.

ARAÚJO, S. A. D. C.; SILVA, T. O. D.; ROCHA, N. S. et al. Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, p. 27-34, 2017.

BAHMANI, I.; HAZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Differences in tillering of long-and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1095-1102, 2000.

BALDISSERA, T. C.; DA SILVEIRA PONTES, L.; GIOSTRI, A. F. et al. Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1199-1207, 2016.

BIRCHAM, J.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

BLACK, J. The interrelationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 1, p. 20-38, 1963.

BOARDMAN, N. T. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual review of plant physiology**, v. 28, n. 1, p. 355-377, 1977.

CÂNDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. et al. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1459-1467, 2005.

CARNEIRO, B.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19, 2010.

CHABOT, B. F.; HICKS, D. J. The ecology of leaf life spans. **Annual review of ecology and systematics**, v. 13, n. 1, p. 229-259, 1982.

COELHO, J. S.; DO CARMO ARAÚJO, S. A.; VIANA, M. C. M. et al. Morphophysiology and nutritive value of signalgrass in silvipastoral system with different tree arrangements. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

CORRÉ, W. Growth and morphogenesis of sun and shade plants II. The influence of light quality. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 32, n. 3, p. 185-202, 1983.

CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; GEREMIA, E. V. et al. Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop–livestock–forest integration area. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 9, p. 859-871, 2017.

DA SILVA, J. A. N.; DE SOUZA, C. M. A.; DA SILVA, C. J. et al. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 769-775, 2012.

DA SILVA, V. J.; JUNIOR, J. C. B. D.; TEIXEIRA, V. I. et al. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa**, v. 39, n. 1, p. 97-102, 2010.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **The Journal of Agricultural Science**, v. 82, n. 1, p. 165-172, 1974.

DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v. 51, n. 5, p. 591-597, 1983.

DE ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoi* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Embrapa Acre-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1999.

DE ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; DA COSTA CARNEIRO, J. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

DE CARVALHO, R. M.; SANTOS, M. E. R.; CARVALHO, B. H. R. et al. Morphogenesis of marandu palisade grass closer to or farther from cattle feces varies by season. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, p. 3231-3241, 2016.

DE MIRANDA GOMIDE, C. A.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1487-1494, 2007.

DEVICES, D. **AccuPAR PAR/LAI Ceptometer - Model LP-80 - Operator's Manual**. METER GROUP, I. U. METER Group, Inc. USA

2365 NE Hopkins Court

Pullman WA 99163 2004.

DIAS RODRIGUES, M. O.; DOS SANTOS, A. C.; DOS SANTOS, P. M. et al. Mombasa grass characterisation at different heights of grazing in an intercropping system with Babassu and monoculture. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, 2016.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. D.; MISTURA, C. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

FARIA, B. M.; MORENZ, M. J. F.; PACIULLO, D. S. C. et al. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 529-536, 2018.

FERREIRA, D.; ZANINE, A.; SOUTO, S. et al. Capim Tanzânia (*Panicum maximum*) sob sombreamento e manejo de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 225, p. 81-91, 2010.

FERREIRA, M. R. **Análise de repetibilidade e agrupamento em genótipos de *Panicum maximum* Jacq.** 2017. UFVJM

FISHER, M.; CRUZ, P. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p. 53-70, 1994.

FUNK, J. L. The physiology of invasive plants in low-resource environments. **Conservation Physiology**, v. 1, n. 1, p. cot026-cot026, 2013.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of botany**, v. 83, n. 4, p. 423-429, 1999.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645-1654, 2009a.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1645-1654, 2009b.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GOMIDE, A.; GOMIDE, C. Morphogenesis and growth analysis of *Panicum maximum* cultivars. XVII International Grassland Congress. Canada, 1997. p.15-83.

GRANT, S. A.; BARTHAM, G.; TORVELL, L. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and forage science**, v. 36, n. 3, p. 155-168, 1981.

HUMPHREYS, L. R. **Tropical Pasture Utilisation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. D. et al. Melhoramento genético de *Panicum maximum*. **Melhoramento de forrageiras tropicais**, v. 1, p. 55-87, 2008.

KINYAMARIO, J.; TRILICA, M.; NJOKA, T. Influence of tree shade on plant water status, gas exchange, and water use efficiency of *Panicum maximum* Jacq. and *Themeda triandra* Forsk. in a Kenya savanna. **African Journal of Ecology**, v. 33, n. 2, p. 114-123, 1995.

KUNST, C.; LEDESMA, R.; CASTAÑARES, M. et al. Yield and growth features of *Panicum maximum* (Jacq.) var *Trichoglume* cv *Petrie* (Green Panic) under woody cover, Chaco region, Argentina. **Agroforestry systems**, v. 88, n. 1, p. 157-171, 2014.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. 2. Springer-Verlag New York, 2008. ISBN 978-0-387-78341-3.

LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. Respostas morfogênicas e estruturais de dosséis de espécies de Braquiária à intensidade de desfolhação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 760-767, 2011.

LEMAIRE, G. Tissue flows in grazed plant communities. **The ecology and management of grazing systems**, 1996.

_____. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. International Grassland Congress, 2001, SBZ São Paulo. p.29-37.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEIZ, M. Efficiency of Herbage Utilization. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 265, 2000.

LICHTENTHALER, H.; BUSCHMANN, C.; DÖLL, M. et al. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. **Photosynthesis Research**, v. 2, n. 2, p. 115-141, 1981.

LIN, C.; MCGRAW, M.; GEORGE, M. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 3, p. 269-281, 2001.

LONATI, M.; MOOT, D. J.; ACETO, P. et al. Thermal time requirements for germination, emergence and seedling development of adventive legume and grass species. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 52, n. 1, p. 17-29, 2009.

LOPES, C.; PACIULLO, D.; ARAÚJO, S. et al. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. D. C. et al. Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017.

LOPES DE SÁ, O.; LARA, M.; EVANGELISTA, A. et al. Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 2, p. 335-340, 2015.

LOPES, M. J. S.; DIAS-FILHO, M. B.; CASTRO, T. H. R. et al. Light and plant growth-promoting rhizobacteria effects on *Brachiaria brizantha* growth and phenotypic plasticity to shade. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 493-499, 2018.

LUDLOW, M. Photosynthesis and dry matter production in C3 and C4 pasture plants, with special emphasis on tropical C3 legumes and C4 grasses. **Functional Plant Biology**, v. 12, n. 6, p. 557-572, 1985.

LUDLOW, M.; WILSON, G. Photosynthesis of tropical pasture plants III. Leaf age. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 4, p. 1077-1088, 1971.

LUDLOW, M.; WILSON, G.; HESLEHURST, M. Studies on the productivity of tropical pasture plants. V.* Effect of shading on growth, photosynthesis and respiration in two grasses and two legumes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 25, n. 3, p. 425-433, 1974.

LUNA, A. A.; DOS SANTOS DIFANTE, G.; MONTAGNER, D. B. et al. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras sob corte. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, 2014.

MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; FERREIRA, P. S. et al. MORFOGÊNESE E ESTRUTURA DO CAPIM-BRAQUIÁRIA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2017.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009a.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M. et al. Genus *Brachiaria* grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009b.

MELLO, A. D.; PEDREIRA, C. G. S. Respostas morfológicas do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 282-289, 2004.

MOE, R.; HEINS, R. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. Symposium on Bedding and Pot Plant Culture 272, 1989. p.81-90.

MONTEIRO, M. V.; BLANUŠA, T.; VERHOEF, A. et al. Relative importance of transpiration rate and leaf morphological traits for the regulation of leaf temperature. **Australian Journal of Botany**, v. 64, n. 1, p. 32-44, 2016.

NAVAS, M. L.; DUCOUT, B.; ROUMET, C. et al. Leaf life span, dynamics and construction cost of species from Mediterranean old-fields differing in successional status. **New phytologist**, v. 159, n. 1, p. 213-228, 2003.

NETO, A. F. G.; DO NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J. et al. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.

OLIVEIRA, A. B.; PIRES, A. J. V.; MATOS NETO, U. D. et al. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1006-1013, 2007.

OLIVEIRA, F. L. R. D.; MOTA, V. A.; RAMOS, M. S. et al. Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. planaltina e *Panicum maximum* cv. tanzânia sob sombreamento. **Ciencia Rural**, v. 43, p. 348-354, 2013.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J. et al. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 421-426, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; DE MIRANDA GOMIDE, C. A.; DE CASTRO, C. R. T. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2012.

PACIULLO, D. S. C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L. J. M. et al. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 881-887, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. D. M. et al. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. et al. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2017.

PARSONS, A. The effects of season and management on the growth of grass swards. In: (Ed.). **The grass crop**: Springer, 1988. p.129-177.

PENG, J.; CHEN, Z. Effect of shading on the growth and photosynthesis of *Arachis pintoi*. **Journal of South China Normal University (Natural Science)**, v. 2, p. 92-94, 1999.

PEREIRA, J. C.; GOMES, F. K.; OLIVEIRA, M. D. B. L. et al. Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 34, n. 1, p. 13-19, 2017/03/22 2017.

PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; GUARDA, V. D. Á. et al. Herbage utilisation efficiency of continuously stocked marandu palisade grass subjected to nitrogen fertilisation. **Scientia Agrícola**, v. 72, n. 2, p. 114-123, 2015.

RAMOS, L. M.; REIS, F. O.; CATUNDA, P. H. A. et al. Ecofisiologia de Brachiaria decumbens em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 201-210, 2018.

RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

RODRIGUES, C. O. D.; ARAÚJO, S. A. D. C.; VIANA, M. C. M. et al. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, p. 129-136, 2014.

ROMA, C. F. D. C.; CECATO, U.; SOARES FILHO, C. V. et al. Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and non-fertilized with nitrogen according to season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 565-573, 2012.

SALAH, H. B. H.; TARDIEU, F. Quantitative analysis of the combined effects of temperature, evaporative demand and light on leaf elongation rate in well-watered field and laboratory-grown maize plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 11, p. 1689-1698, 1996.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. et al. Physiological and production responses of four grasses from the genera Urochloa and Megathyrus to shade from Melia azedarach L. **Agroforestry systems**, v. 90, n. 2, p. 339-349, 2016.

SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A. et al. Phenotypic plasticity of Neonotonia wightii and Pueraria phaseoloides grown under different light intensities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 519-528, 2015.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. et al. Brachiaria physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, 2017.

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Características morfogênicas e taxa de acúmulo de forragem do capim-mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 843-851, 2004.

SBRISSIA, A.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 731-754, 2001.

SIEBENEICHLER, S. C.; DE FREITAS, G. A.; DA SILVA, R. R. et al. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade Morphophysiological characteristics in plants of *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol., in conditions of luminosity. **Acta amazônica**, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo**. 1ª edição. Viçosa: Viçosa : Suprema, 2008. 115 ISBN 978-85-60249-23-7.

SILVEIRA, M. C. T. D.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. D.; SILVA, S. C. D. et al. Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 136-142, 2010.

SIMON, J.; LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v. 42, n. 4, p. 373-380, 1987.

SKINNER, R.; NELSON, C. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

SOUZA, A. H. C.; DA SILVA FELIX, T. M.; DO MONTE, A. P. O. et al. Productivity and morphological characteristics of buffel grass intercropped with butterfly pea under shade conditions. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, 2017.

SOUZA, F. D. O papel das sementes no estabelecimento e na formação de pastagens. **Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC**, 1993.

SOUZA, J. A. S. D. Produção de gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus* nas condições edafoclimáticas de Manaus, Am. 2018.

STIIR, W. Screening forage species for shade tolerance-a preliminary report. **Forages for plantation crops**, p. 58, 1991.

TEAM, R. C. **R: A Language and Environment for Statistical Computing** 2018.

VADEZ, V.; BERGER, J. D.; WARKENTIN, T. et al. Adaptation of grain legumes to climate change: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 31-44, 2012.

VIEIRA, M. S.; SOUTO, S. M.; DIAS, P. et al. Efeito de sombreamento no crescimento inicial de *Panicum maximum* cv. Massai. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 21, p. 49-54, 2013.

WHITEMAN, P. The effects of temperature on the vegetative growth of six tropical legume species. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 8, n. 34, p. 528-532, 1968.

WILHELM, W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

WONG, C. Shade tolerance of tropical forages: a review. Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings, 1991. p.64-69.

WONG, C.; STUR, W. Persistence of tropical forage grasses in shaded environments. **The Journal of Agricultural Science**, v. 126, n. 2, p. 151-159, 1996.

WONG, C.; WILSON, J. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 31, n. 2, p. 269-285, 1980.

ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SBRISSIA, A. F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana guineagrass swards: morphogenetic and structural characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, p. 1848-1857, 2012.